



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**



**INFLUÊNCIA DO USO DE HERBICIDAS SOB AS CARACTERÍSTICAS
DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO SORGO (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench)**

GUILHERME LEANDRO VIRGINIO

**AREIA-PB
AGOSTO-2014**

GUILHERME LEANDRO VIRGINIO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
da Paraíba, Campus II, como parte
das exigências para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

ORIENTADOR: Prof.º Dr.º Severino Pereira de Sousa Junior.

AREIA-PB
AGOSTO – 2014

V817i Virgínio, Guilherme Leandro.
Influência do uso de Herbicidas sob as Características de Crescimento e Produção do Sorgo (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) / Guilherme Leandro Virgínio. - Areia: UFPB/CCA, 2014.
69 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

Bibliografia.
Orientador(a): Severino Pereira de Sousa Junior.

1. Sorgo 2. Plantas daninhas 3. Herbicidas I. Souza Junior, Severino Pereira (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA CDU: 633.174

**INFLUÊNCIA DO USO DE HERBICIDAS SOB AS CARACTERÍSTICAS
DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO SORGO (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench)**

Por

GUILHERME LEANDRO VIRGINIO

APROVADA EM: 21/08/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr. Severino Pereira de Sousa Junior
- Orientador -
CCA/UFPB

Eng^a Agrônoma Begna Janine da Silva Lima
- Examinadora -
CCA/UFPB

MSc. Severino do Ramo Nascimento dos Santos
- Examinador -
CCA/UFPB

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, minhas irmãs e minha namorada pela confiança, pelo carinho, estímulo e compreensão pelos momentos de ausência e pelo incentivo a superar cada etapa e desafio desta caminhada. A meus avôs, João Virginio, *in memoriam* e Jurandir Leandro e minhas avós pelo apoio e carinho. A Deodato Clementino da Silva (*in memoriam*), pelos seus sábios conselhos a mim transmitidos. A todos os meus amigos que me apoiaram.

Dedico de coração!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por me guiar e conceder saúde para realizar meus objetivos.

À minha família, que sempre me deu forças e proporcionou condições para o ingresso na Universidade Federal da Paraíba e acreditou em minha formação. À minha namorada pelo apoio e pelas orações. Ao meu cunhado, pelo apoio de sempre.

Aos amigos do quarto A-13, Aurélio Mendes, João Rafael e João Paulo, pela convivência, pela ajuda na condução do experimento e por compartilhar seus conhecimentos comigo. A todos(as) os colegas “pregos” de turma, pela amizade e companheirismo durante os cinco anos de curso. Aos colegas de turma, Assys Motta, Sharle Luiz, Márcio Lima e Jonnathan Santos, por terem me ajudado na condução do experimento. A Jair Batista pela ajuda.

Ao meu orientador, Prof.º Dr.º Severino Pereira de Sousa Junior pela oportunidade concedida, pelos ensinamentos, apoio e compreensão.

A toda equipe do LTPA (Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuário), Natália (técnica), Begna, Dornelles, Pedro e Claudiana, pelos ótimos momentos que passamos juntos. E aos responsáveis por esta equipe, Prof.^a Márcia R. Targino de Oliveira e Prof.º Normando Mendes R. Filho, agradeço de coração pelos ensinamentos acadêmicos e de vida e por tê-los como conselheiros.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho e para minha formação acadêmica.

A todos os meus mestres, que contribuíram com a minha formação e com a realização deste sonho.

A todos, meu MUITO OBRIGADO!

Acima das teorias existe um Grande Deus
(Samuel Mariano)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Sorgo no Brasil	3
2.2	Importância econômica.....	4
2.3	Características do sorgo	6
2.3.1	Características morfológicas	6
2.3.2	Características botânicas	6
2.3.3	Características fisiológicas	6
2.3.4	Características gerais de plantio.....	7
2.4	Tipos de sorgo.....	9
2.4.1	Sorgo granífero.....	9
2.4.2	Sorgo forrageiro	10
2.4.3	Sorgo vassoura	11
2.4.4	Sorgo sacarino	12
2.5	Pragas e doenças do sorgo	13
2.6	Plantas daninhas.....	14
2.7	Controle de plantas daninhas	15
2.8	Tipos de controle	16
2.8.1	Controle preventivo.....	16
2.8.2	Controle cultural.....	17
2.8.3	Controle mecânico.....	17
2.8.4	Controle químico.....	18
2.9	Herbicidas	19
2.9.1	Mimetizadores de auxinas.....	20

2.9.2	Inibidores de fotossíntese II (FS II).....	20
2.9.3	Inibidores de fotossíntese I (FS I)	21
2.9.4	Herbicidas inibidores da PPO	21
2.9.5	Herbicidas inibidores do arranjo dos microtúbulos.....	22
2.9.6	Inibidores da síntese de ácidos graxos de cadeias muito longas (VLCFA)	22
2.9.7	Herbicidas inibidores da acetolactato sintase.....	22
2.9.8	Herbicidas inibidores da EPSPs (glifosate).....	23
2.9.9	Herbicidas inibidores de glutamina sintetase	23
2.9.10	Herbicidas inibidores da ACCase	23
2.9.11	Herbicidas inibidores da síntese de lipídeos (Não inibem a ACCase)	24
2.9.12	Herbicidas inibidores de carotenoides (despigmentadores)	24
2.10	Efeito residual dos herbicidas	25
2.11	Sorção do herbicida no solo.....	26
2.12	Lixiviação	26
2.13	Volatilização	27
2.14	Escorrimento superficial – “Runoff”	27
2.15	Herbicida DMA 806 BR® (2,4-D)	27
2.16	Herbicida Herbadox® 400 EC (Pendimetalin)	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Parâmetros avaliados	31
3.1.1	Altura de planta	31
3.1.2	Diâmetro do colmo.....	31
3.1.3	Número de folhas	32
3.1.4	Determinação do rendimento dos grãos	32
3.2	Delineamento experimental	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33

5	CONCLUSÃO	43
6	BIBLIOGRAFIA.....	44

VIRGINIO, G. L. **Influência do uso de Herbicidas sob as Características de Crescimento e Produção do Sorgo** (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench). Areia: CCA/UFPB, 2014. (Trabalho de Conclusão de Curso). 69 p.

RESUMO

A área plantada com a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Brasil cresceu muito, e, juntamente com este crescimento a demanda por herbicidas de pré e pós-emergência aumentou. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência do uso de herbicidas no controle de ervas daninhas e sua influência nas características de crescimento e produção da cultura do Sorgo. O experimento em regime de sequeiro foi realizado, em condições de campo, no Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no Município de Areia-PB. O experimento foi disposto em delineamento de blocos ao acaso, onde os tratamentos foram constituídos de dosagens de herbicidas pré e pós-emergentes, Herbadox® 400 EC e o DMA® 806 BR, isolados e em mistura (T1: Sem capina, T2: Capina, T3: Herbadox (50%), T4: Herbadox (100%), T5: DMA (50%), T6: DMA (100%), T7: Herbadox (50%) + DMA (50%), T8: Herbadox (100%) + DMA (100%), T9: Herbadox (50%) + DMA (100%), T10: Herbadox (100%) + DMA (50%), os quais foram aplicados aos 21 DAS. As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro de colmo e número de folhar a cada 15 dias, e produção. Conclui-se que as variáveis altura da planta e diâmetro do colmo apresentaram os melhores valores com a aplicação dos herbicidas Herbadox 50% e DMA 50% e 100%; O desenvolvimento das plantas de sorgo não atingiram altura e diâmetro desejados no período das avaliações; Os tratamentos com aplicação de Herbadox® (50 e 100%), as misturas Herbadox® (50%) + DMA® (50%) e Herbadox® (100%) + DMA® (50%), e o com Capina, apresentaram maior número de folhas verdes; As aplicações com DMA (50 e 100%) apresentaram os melhores resultados na produção de grãos do sorgo.

Palavras-chave: Sequeiro, crescimento, controle, plantas daninhas.

VIRGINIO, G. L. **Influence of the use of herbicides under the Growth Characteristics and Production of Sorghum** (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Areia: CCA / UFPB, 2014 (Labor Completion of course). 69 p.

ABSTRACT

The area planted with sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Brazil has grown a lot, and, along with this growth in, its demand for herbicides of pre and post-emergence increased. In this context, this work aimed to evaluate the efficiency of the use of herbicides to control weeds and its influence on the characteristics of growth and productivity of sorghum crop. The experiment was intaled in rainfed conditions, carried out in field conditions, in the Department of Plant Pathology of the Center for Agricultural Sciences (CCA), Campus II from the Federal University of Paraiba (UFPB), located in the municipality of Areia-PB. The experiment was arranged in a randomized block design, where the treatments were composed of dosages of herbicides pre and post-emergent, Herbadox® 400 EC and the DMA® 806 BR, alone and in combination (T1: Without weeding, T2: weeding, T3: Herbadox (50 %), T4: Herbadox (100 %), T5: DMA (50 %), T6: DMA (100 %), T7: Herbadox (50 %) + DMA (50 %), T8: Herbadox (100 %) + DMA (100 %), T9: Herbadox (50 %) + DMA (100 %), T10: Herbadox (100 %) + DMA (50 %), which were applied to 21. The variables analyzed were plant height, diameter of stem and number of leaf every 15 days, and productivity. It is concluded that the variables plant height and diameter of stem presented the best values with the application of the herbicides Herbadox 50% and DMA 50% and 100 %; The development of the sorghum plants do not have reached height and diameter desired in the period of the assessments. The treatments with application of Herbadox® (50 and 100 %), mixtures Herbadox® (50 %) + DMA® (50 %) and Herbadox® (100 %) + DMA® (50 %), and with weeding, showed a higher number of green leaves; Applications with DMA (50 and 100%) showed the best results in the production of grain sorghum.

Key words: Dryland, growth, control weeds.

LISTA DE FIGURAS	Pág.
Figura 1. Produção de sorgo nos maiores países produtores mundiais entre 2010 e 2013.	18
Figura 2. Pulverizador Manual Pressão Acumulada para Garrafa Pet – Turbo II, com bico duplo e regulação para jato direto e spray.	44
Figura 3. Etapas para determinação do rendimento dos grãos do sorgo: Corte da panícula (A); Debulha e limpeza com peneira e manualmente (B e C); Pesagem. (D).	44
Figura 4. Infestação de <i>Cyperus rotundus</i> na cultura do sorgo.	48
Figura 5. Plantas de sorgo apresentando murchamento.	49
Figura 6. Altura de Sorgo - variedade “crioula” em intervalos quinzenais, por um período de 60 dias.	50
Figura 7. Diâmetro de Sorgo - variedade “crioula” em intervalos quinzenais, por um período de 60 dias.	50
Figura 8. Número de folhas de Sorgo - variedade “crioula” submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas, em intervalos quinzenais por um período de 60 dias.	51
Figura 9. Pluviosidade (mm) durante as quatro leituras com intervalo de quinze dias de uma para outra.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura e Diâmetro de Sorgo - variedade “crioula”, submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas. **46**

Tabela 2. Produção do Sorgo - variedade “crioula” submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas. **54**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Uso de diferentes doses de herbicidas e suas interações em sorgo forrageiro cultivado em regime de sequeiro no brejo paraibano. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, PB, 2014. **43**

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem origem provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia. A domesticação do sorgo, segundo registros arqueológicos, deve ter acontecido por volta de 3000 a.C., ao tempo em que a prática da domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito Antigo a partir da Etiópia (RIBAS, 2007). No Brasil, foi introduzido pelos escravos, e ficou conhecido como milho d'Angola (LIRA, 1981).

O sorgo é usado na produção de energia e no ramo alimentício, humano e animal. Principalmente no Nordeste brasileiro, onde o sorgo forrageiro é usado na alimentação animal, sendo uma cultura adaptada a esta região, demonstrando ser mais tolerante a altas temperaturas e mais eficiente na absorção de água e nutrientes do solo.

É uma cultura que pode ser cultivada em zonas áridas e semiáridas, tornando-se um alimento básico, visto que apresenta: elevado potencial de produção, reconhecida qualificação como fonte de energia para forragem animal, grande versatilidade (silagem, feno e pastejo direto) e potencial de adaptação a regiões mais secas, com boa produtividade de grãos e altos teores de açúcares no caldo do colmo (SILVA *et al.*, 2004). Além disso, possui elevada saturação alumínica e maior tolerância à salinidade, adequando-se com as especificidades do bioma caatinga (HAMMER; BROAD, 2003).

Apesar de ser uma cultura bastante eficiente nestas condições, o sorgo apresenta alguns empecilhos na sua eficiência produtiva, como o ataque de pragas e ervas daninhas. De acordo com Tamado *et al.* (2002), estima-se que até a quarta semana após a emergência do sorgo granífero a presença de invasoras poderá promover uma redução de 40 a 97% no rendimento de grãos. Segundo Andres *et al.* (2009), para o sorgo forrageiro a matocompetição pode proporcionar uma redução de 18 a 80% na produção de forragem.

O controle de plantas daninhas pode ser realizado de várias formas, porém, a operação mais utilizada é o controle químico. A agricultura moderna exige uma elevada quantidade de insumos químicos e partindo desse princípio o herbicida vem sendo motivo de muitas discussões e trabalhos realizados por especialistas. Do ponto de vista econômico, com a globalização e a forte concorrência do mercado interno e externo é impossível competir sem a utilização desses defensivos agrícolas (TAKADA, 2012).

Os herbicidas são produtos químicos utilizado na agricultura que controlam a população de ervas daninhas que competem com as plantas pelos nutrientes, água, luz e podem abrigar pragas e doenças. Contribuem para o desenvolvimento saudável dos plantios e evitam a movimentação excessiva dos solos, reduzindo a erosão e o assoreamento dos rios (SYNGENTA, 2014). Os herbicidas podem ser subdivididos por mecanismo de ação, uso, grupo químico, atividade e tipos de plantas controladas (CARDOSO, 2014).

O uso de herbicidas em lavouras apresentam relevantes vantagens, como a economia de tempo é maior quando as ervas daninhas são assim eliminadas, a ação se dá de maneira muito mais rápida, a mão-de-obra é menor e, portanto, mais barata, sem contar que não há necessidade de revolver o solo. Mas se em aspectos econômicos o uso de herbicidas é vantajoso, no aspecto ambiental esse uso pode trazer sérios riscos. O primeiro desses riscos é a resistência desenvolvida pela erva daninha com o passar do tempo, o que provoca posteriormente a necessidade do uso de dosagens cada vez maiores de herbicidas. Outro problema ambiental de grande relevância é a contaminação das águas e seres vivos, já que se trata de substâncias amplamente tóxicas (CARDOSO, 2014).

O aumento da área plantada de sorgo, no Brasil, tem demandado o uso de novas tecnologias, dentre as quais a aplicação de herbicidas em pós-emergência tem merecido destaque (SORGO, 1998). Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência do uso de herbicidas no controle de ervas daninhas e sua influência nas características de crescimento e produção da cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sorgo no Brasil

O sorgo foi introduzido no Brasil no início do século XX, mas desde então nunca se firmou como uma cultura com características comerciais marcantes. Por ser identificado como substituto do milho em seus vários usos, o sorgo teve problema para ser identificado pelos produtores e consumidores como cultura comercial (DUARTE, 2010). A partir da década de 1970 tornou-se significativamente comercial quando a área de plantio alcançou 80 mil hectares, concentrados principalmente no Rio Grande do Sul e São Paulo (LIRA, 1981).

No Brasil, o sorgo tem despontado como excelente alternativa para as diversas regiões brasileiras. Este cereal possui tolerância a períodos de estiagem durante seu ciclo vital e produz colheitas de grãos e massa verde economicamente compensadoras, em condições de pluviosidade baixa ou instável, até mesmo em solos de má qualidade (MAGNAVACA *et al.*, 1987). Apesar disso a expansão da área cultivada com sorgo, como planta forrageira, tem sido lenta, principalmente pelas práticas incorretas de cultivo, o que compromete a sua produtividade e qualidade. Fatores como compactação e baixa fertilidade dos solos, adubações inadequadas e escolha de sementes dificultam maior expressão do potencial de produtividade da cultura (RODRIGUES FILHO *et al.*, 2006).

Neste contexto, Olivetti e Camargo (1997) relatam vários fatores que têm contribuído para esta situação, como: o baixo grau de conhecimento e informação por parte da área técnica; baixa utilização de insumos e outros investimentos; falta de tratamento adequado à cultura por parte do produtor; dificuldade de transferência de conhecimento e das informações disponíveis; instabilidade na comercialização e na política de preços; falta de uma política oficial definida e de acesso à política oficial de comercialização; e pouco esclarecimento por parte dos agentes financeiros.

Apesar de todos os problemas, a cultura do sorgo obteve um aumento de aproximadamente 26% na produção a nível nacional, do ano de 2007 para 2008, alcançando 1.965.865 toneladas em 2010, ocupando uma área de 811.662 ha (FAO, 2010).

De acordo com o 4º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos – 2013/14, feito pela Conab, em dezembro de 2013, percebe-se que a área plantada de sorgo está em queda nas regiões Sul e Nordeste, mas com crescimento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte. No nordeste, espera-se que a produção cresça com recuperação da produtividade que sofreu

queda nas duas últimas safras devido à seca na região. No Centro-Oeste, a produção aumenta um pouco, ao passo que a região Sul tem produção estável e o Sudeste com expectativa de queda de produção. Ficando o estado de Goiás com a maior produção nacional com 977,8 mil toneladas, ou seja, crescimento de mais de 8% em relação à safra anterior, seguido por Minas Gerais (470,2 mil toneladas) e Mato Grosso (449,5 mil toneladas). O estado da Paraíba aparece com uma produção de 0,2 toneladas (CONAB, 2014).

Mesmo com o aumento em produção, a produtividade obtida ainda é baixa, considerando o potencial genético da cultura (TABOSA *et al.*, 1999). Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas destinadas à produção dessas plantas destacam-se as precipitações irregulares, a fertilidade do solo e as baixas aplicações de fertilizantes (AGUIAR *et al.*, 2007).

2.2 Importância econômica

Desde que foi domesticado pelo homem, o sorgo vem se adaptando e, sendo adaptado as diversas condições de clima e solo das diferentes regiões onde é cultivado, de acordo com sua necessidade. Quando cultivada em regiões quentes e secas, consegue boa produtividade de grãos e forragem, coisa que gramíneas similares não conseguem (RIBAS, 2007).

O sorgo é cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica, também é cultivado, principalmente, onde a precipitação anual se situa entre 375 e 625 mm ou onde esteja disponível irrigação suplementar. Sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação (RIBAS, 2007).

É considerado atualmente o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada (FAO, 2012) obtendo uma produção mundial estimada em 2011 de 60,2 milhões de toneladas, em uma área de 44,4 milhões de hectares. É esperado que a produção mundial de sorgo alcance 64 milhões de toneladas no fim de 2014 (FAO, 2012).

Os cinco maiores produtores de sorgo no mundo são: os Estados Unidos, que lideram a produção mundial, seguido por México, Nigéria, Índia e Argentina, estando o Brasil na nona colocação, como pode ser observado na Figura 1. A produção norte-americana é seguida pela mexicana, que produziu pouco mais de 6 milhões de toneladas em 2013 e quase igualando à produção dos EUA. Entretanto, em 2014, deve apresentar um crescimento não tão grande

quanto o dos EUA. A Nigéria como terceiro maior produtor mundial do grão, que sofreu com problema de seca na safra passada e deve recuperar um pouco a produção, mas continuar abaixo do que foi produzido no início da década. A Índia que já foi a maior produtora mundial de sorgo viu mais uma vez sua produção cair, ficando em cerca de 5,3 milhões toneladas na safra passada, com previsão de 5,5 milhões para a safra atual (CONAB, 2014).

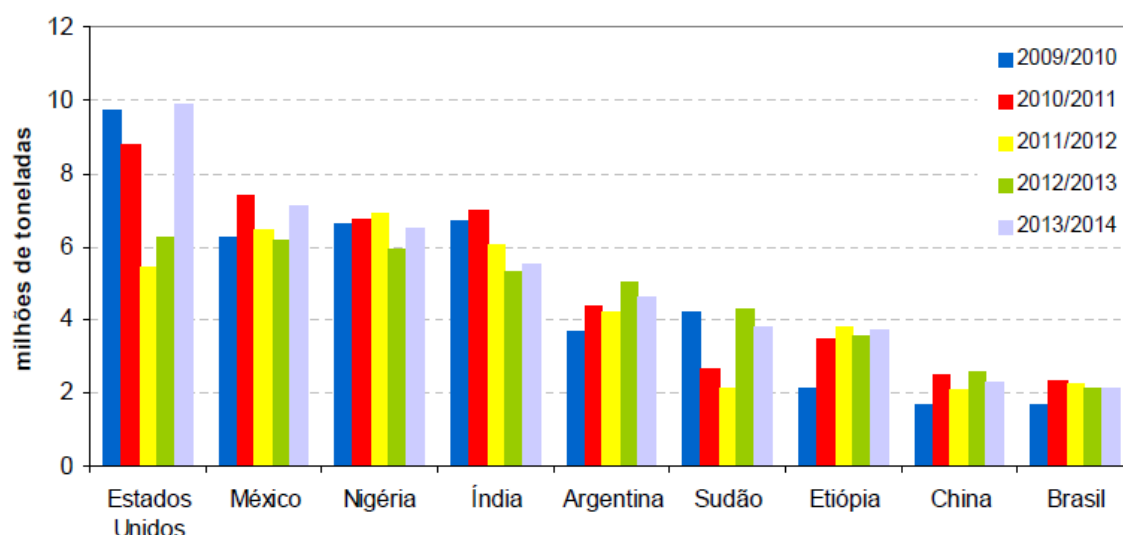


Figura 1. Produção de sorgo nos maiores países produtores mundiais entre 2010 e 2013.

Fonte: USDA - United States Department of Agriculture

A área cultivada com sorgo no Brasil deu um salto extraordinário, a partir do início dos anos 90. O Centro Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais, de sorgos forrageiros. O sorgo granífero é cultivado, sob três sistemas de produção. No Rio Grande do Sul, planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil Central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. No nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2004). De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), até o mês de janeiro de 2014 a região Nordeste possui a terceira maior área cultivada do país, com pouco mais de 94 mil hectares e uma produtividade de 1.525kg.ha^{-1} , ficando atrás apenas das regiões Centro-Oeste e Sudeste em área.

2.3 Características do sorgo

2.3.1 Características morfológicas

O sorgo é uma gramínea anual, pertencente ao grupo de plantas com metabolismo C4, de estação quente, pertencente à tribo *Andropogoneae*, gênero *Sorghum*. Trata-se de uma planta ereta, com sistema radicular ramificado e profundo, altura variável de 0,4 a 2,00 m, folhas largas, planas, parecida com as do milho, de 40 a 60 cm de comprimento por 4 a 7 cm de largura, com colmo robusto e medula macia. Sua panícula é ereta, compacta, multiflora, ovalada e elíptica, de 10 a 30 cm de comprimento por 4 a 10 cm de diâmetro (BURKART *et al.*, 1969). A palavra “sorgo”, bem como sua origem, causa discussão entre diversos autores, porém é aceita que a expressão seja proveniente do vocábulo indiano *Sorghi*, de onde teria se espalhado para as outras partes do mundo (NOBRE; KASPRZYKOWSKI, 1975).

2.3.2 Características botânicas

Botanicamente, a semente é um fruto denominado cariopse, em que o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dita. A tribo *Andropogoneae* apresenta as seguintes características: ráquila articulada abaixo das glumas, glumas mais rígidas que os antécios, sendo estes hialinos, com pilosidade intensa e branca geralmente nos pedicelos, espiguetas dispostas aos pares geralmente uma séssil e uma pedicelada ou, ambas pediceladas. No diásporo geralmente o par de espiguetas é conjunto com o artículo da ráquis. Há dois antécios por espiguetas e geralmente são acrótonas. As espiguetas pediceladas são desenvolvidas ou rudimentares e as espiguetas sésseis são geralmente bissexuadas (BURKART *et al.*, 1969; BOLDRINI *et al.*, 2004).

2.3.3 Características fisiológicas

O sorgo é uma planta que tolera mais déficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada em uma ampla faixa de condições de solo (DOGGET, 1970). Possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (MASOJIDEK *et al.*, 1991). Logo após o

término de um período de estresse hídrico, as plantas podem até crescer mais rapidamente do que as que não sofreram estresse. Essa situação ocorre, provavelmente, pelo acúmulo de fotoassimilados no início do período de estresse. Essas reservas, que são pouco utilizadas durante a seca, ficam disponíveis para estimular o crescimento quando a água se torna novamente disponível (DONATELLI; HAMMER; VANDERLIP, 1992).

Vanderlip e Reeves (1972) apresentaram o desenvolvimento de um cultivar de sorgo com 100 dias, aproximadamente, partindo do estágio zero, que é da semeadura ao surgimento do coleóptilo na superfície do solo, que ocorre, geralmente, de 4 a 10 dias após a semeadura, até o estágio nove, período de maturação fisiológica, onde os grãos estão com 22 a 23% de umidade (cerca de 95 dias após a emergência).

Durante a primeira fase de crescimento das culturas, que vai do plantio até a iniciação da panícula (EC1), é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento da plântula, uma vez que a planta é pequena, tem o crescimento inicial lento e um mau controle de plantas daninhas, nessa fase pode reduzir seriamente o crescimento dos grãos (MAGALHÃES; DURÃES; SCHAFFERT, 2000).

Na fase seguinte (EC2), que compreende a iniciação da panícula até o florescimento, vários processos de crescimento, se afetados, poderão comprometer o rendimento. São eles: desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca e o estabelecimento de um número potencial de sementes. Na terceira fase de crescimento (EC3), que vai da floração à maturação fisiológica, os fatores considerados mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento dos grãos (MAGALHÃES; DURÃES; SCHAFFERT, 2000).

2.3.4 Características gerais de plantio

Ao planejar o plantio, deve-se procurar o momento em que, historicamente, o período de temperaturas mais altas e de maior intensidade de chuva coincida com o enchimento dos grãos, fase de maior exigência da planta (ROSA, 2012).

Segundo Ribas (2008), os cultivares de sorgo tem uma relativa adaptação nos trópicos ou numa amplitude que vai de 30° de latitude norte até 30° de latitude sul. Por este motivo os cultivares desenvolvidos no Sul e Sudoeste dos Estados Unidos tiveram boa adaptação no Brasil no período mais recente da reintrodução da cultura no país.

A época de plantio tem grande influência na produção de sorgo. O plantio deve ser realizado na época recomendada, de acordo com a recomendação do fornecedor da semente, pois quando o plantio é realizado fora da época recomendada, o risco de se obter um rendimento inferior ao esperado é maior, tanto em relação ao volume de massa, como também uma menor participação de grãos (CRUZ *et al.*, 2001). Para Aguiar, Morais e Guimarães (2008), a época de plantio tem pouco efeito no custo de produção, seguramente afetando o rendimento e o lucro do agricultor. Ainda segundo estes autores, a tomada de quanto a época de plantio deve ser embasada nos fatores de riscos e nos objetos propostos pelos agricultores, que tendem a ser minimizados quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas à produção.

A temperatura ótima para o crescimento da planta do sorgo é por volta de 33,34 °C. Acima de 38 °C e abaixo de 16 °C, a produtividade decresce. Baixas temperaturas (<10 °C) causam redução na área foliar, perfilhamento, altura, acumulação de matéria seca e um atraso na data de floração (CLEGG *et al.*, 1983).

O sorgo se adapta a uma grande variedade de tipos de solo. No Brasil a cultura é plantada desde os solos heteromórficos das regiões arroyeiras do Rio Grande do Sul, passando pelos latossolos das regiões do Cerrado, até os solos aluviais dos vales das regiões semiáridas do Nordeste. As cultivares comerciais originalmente importadas não tiveram boa adaptação a solos com acidez elevada e alumínio tóxico presente. Mas os programas de melhoramento nacionais, públicos e privados, já disponibilizam cultivares comerciais com tolerância ao alumínio e a acidez do solo (MORAIS, 2007). Segundo Neumann *et al.*, (2002) a cultura do sorgo no Brasil se adapta bem a região Sul, como plantio de verão, no Brasil central, em sucessão a plantios de verão e no nordeste, em plantios nas condições do semiárido com alta temperatura e precipitação inferior a 600 mm anuais.

O sucesso de uma lavoura de sorgo depende muito de um bom preparo de solo. Fazer aração cedo, logo após a colheita da cultura anterior. Antes do plantio de sorgo, eliminar os torrões, detritos e ervas daninhas, passando a grade uma ou duas vezes. Deixar a superfície do solo tão nivelado quanto possível, para que a emergência da plântula seja rápida e uniforme. No plantio do sorgo de sucessão ou 2ª época, a semeadura pode ser direta sobre as palhadas de soja ou milho (AGROBYTE, 2014).

No cultivo de sorgo para colheita de grãos, deve-se utilizar o espaçamento de 50 a 70 cm entre as fileiras, com 15 a 18 sementes por metro linear. Em cultivo para silagem, utilizar

espaçamento de 80 a 90 cm entre as fileiras, com 13 a 15 sementes por metro linear. Para o sorgo pastejo, o plantio pode ser feito tanto em linhas como a lanço. No plantio em linhas, deve-se utilizar espaçamento de 30 cm entre as linhas, com 20 a 25 sementes por metro linear, e, no caso de plantio a lanço, utilizar 20 a 30 kg de sementes por hectare. A profundidade do plantio deve ter de 3 a 5 cm (ROSA, 2012).

2.4 Tipos de sorgo

Do ponto de vista agrícola, o sorgo é classificado de acordo com sua finalidade. Há dessa forma linhagens, variedades e híbridos de sorgo forrageiro, granífero, sacarino e vassoura (NOBRE; KASPRZYKOWSKI, 1975). É uma cultura reconhecida sua por sua ampla versatilidade, que se estende desde o uso de seus grãos como alimento humano e animal; como matéria prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos; até às inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes (RIBAS, 2007).

2.4.1 Sorgo granífero

É um tipo de sorgo de porte geralmente baixo com altura em torno de 1,7 metros, produz na extremidade superior uma panícula, também chamada de cacho, onde se localizam os grãos, que é o principal produto deste tipo de sorgo. Após a colheita do grão o resto da planta ainda se encontra verde e poderá ser usado como feno ou pastejo.

As diversas formas de sorgo granífero se diferenciam por uma série de fatores como porte da planta, ciclo vegetativo, cor e composição química dos grãos (NOBRE; KASPRZYKOWSKI, 1975).

No Brasil, o sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) foi introduzido no início do século XX e a área cultivada, tem mostrado flutuações a partir de dificuldades no processo de comercialização, geradas pela concorrência com a cultura do milho. Entretanto, relatos mais atuais têm destacado que a cultura tem apresentado expansão anual em torno de 20%. Os maiores avanços nas áreas de cultivo foram observados a partir de 1995, com incrementos nos plantios de sucessão a culturas de verão. O sorgo granífero, nessa modalidade de cultivo, tem demonstrado boa alternativa para produção de silagem, integrando-se ao sistema agropastoril.

Além disso, essa cultura tem proporcionado maior proteção do solo contra a ação de fatores erosivos, além de propiciar condições para uso no plantio direto (RODRIGUES; SANTOS, 2006).

Segundo Tardin, Rodrigues e Coelho (2010), as cultivares de sorgo granífero são aptas para produção de rebrota e o seu aproveitamento, para produção de grãos, forragem ou cobertura de solo, pode ser viável, desde que a temperatura e a umidade do solo sejam favoráveis ao seu desenvolvimento. A produtividade de grãos da rebrota pode alcançar valores médios de 80% do rendimento obtido na primeira colheita. A intensidade e a produção da rebrota são proporcionais à sanidade das plantas na primeira colheita e ao número de plantas sobreviventes. Assim, as melhores cultivares são aquelas com maior resistência às doenças foliares e maior capacidade de se manterem verdes (não senescência) após a maturação fisiológica dos grãos.

Como o sorgo produz grãos cuja composição se aproxima muito da do milho, a sua utilização na engorda de suínos pode ser feita sem inconvenientes. Recomenda-se que os grãos sejam triturados para haver maior aproveitamento de seus componentes químicos. Podendo entrar nas rações em até 60%. Como seus teores de proteínas é menor que o do trigo, a ração com 40% de sorgo e 20% de farelo de trigo é a que dá melhores resultados (PASSOS; CANÉCHIO FILHO; JOSÉ, 1977).

No que se refere à produção mundial a produção brasileira de sorgo granífero passou de 281 mil toneladas em 1992/1993 para 2,4 milhões de toneladas em 2010/2011, o que consiste em um aumento de 754%. Entre as safras de 1985/1986 e 1994/1995, a área plantada oscilou na faixa de 200 mil hectares. E a partir da safra 1995/1996 a área passou a crescer, atingindo o pico de 1,03 milhão de hectares em 2003/2004. O que se observa desde então é uma nova estabilização da área de sorgo granífero (MIRANDA *et al.*, 2012). De acordo com o 4º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos – 2013/14, feito pela Conab, em dezembro de 2013, a produção nacional está em 2.298,2 mil toneladas de grão.

2.4.2 Sorgo forrageiro

É um tipo de sorgo de porte alto, atingindo altura superior a dois metros, com muitas folhas, panículas abertas e com poucas sementes, quando comparado ao granífero. É denominado sorgo forrageiro devido a sua finalidade. Seu rendimento está atrelado a altura

das plantas, proporções das folhas, colmos e panículas. Ainda neste contexto, Zago (1992), ressalta que os sorgos mais altos apresentam maiores rendimentos de matéria seca, no entanto, devido a maior percentagem de colmos em relação às folhas e panículas, há o comprometimento do valor nutricional da forragem.

O sorgo forrageiro constitui a opção mais viável para atender a demanda dos pecuaristas, em razão das suas características bromatológicas, que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e consequente conservação deste alimento sob a forma de silagem, pelos teores elevados de proteína bruta em algumas variedades (WHITE; BOLSEN; POSLER, 1991) e pelas características agronômicas, como maior tolerância à seca (CUMMINS, 1981). Para Morrison (1996), o sorgo forrageiro é uma ótima saída para alimentação animal no final do período seco, quando o valor nutritivo das pastagens permanentes é reduzido, e o sorgo surge como a melhor cultura anual para promover alimentos nessa ocasião.

Nos últimos anos, as empresas produtoras de sementes de sorgo têm disponibilizado novas cultivares para atender à crescente demanda pelo cultivo desse cereal na safrinha. As cultivares comerciais já existentes no mercado e as recém-lançadas pela pesquisa diferem entre si quanto à produção de forragem ao ciclo vegetativo e às demais características agronômicas. Além disso, a qualidade final da silagem de sorgo é determinada por diversos fatores, destacando-se as características agronômicas da cultivar, o estágio de maturação no momento da colheita, o tipo de solo e as condições climáticas no local de cultivo (SILVA; FEIJÓ; THIAGO, 1999).

2.4.3 Sorgo vassoura

O sorgo vassoura é uma espécie vegetal da família *Graminae*, originária do continente africano, com 2 a 3 metros de altura, cultivado no período da primavera ao outono. A parte mais utilizada da planta é a panícula, da qual se origina a palha utilizada na confecção da vassoura de sorgo, mais conhecida, no estado de São Paulo, como vassoura caipira (FOLTRAN, 2012).

O sorgo vassoura foi introduzido no Brasil pelos imigrantes europeus e se espalhou pelo país. Na década de 30, havia dezessete fábricas de vassoura de sorgo no estado de São

Paulo e parte da palha utilizada era importada da Argentina, Itália e Uruguai (VIÉGAS, 1941).

Este é um tipo de sorgo que é plantado nos Estados do Sul do país. Possui porte alto, com colmos geralmente finos e que apresentam as panículas com características especiais, que as tornam adequadas ao fabrico de vassouras e escovas (RUAS; GARCIA; TEXEIRA, 1988). O uso do sorgo vassoura (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é apontado usado como atividade alternativa para geração de renda, tanto nos sistemas de agricultura familiar como para artesãos fabricantes de vassouras. Em muitos casos as duas atividades são integradas (TAKADA, 2012).

Em geral, o sorgo vassoura produz panículas de boa qualidade mesmo quando cultivado em solos marginais supridos moderadamente com nutrientes e tolera bem monoculturas repetidas numa mesma área. No entanto, um período chuvoso na fase de amadurecimento das panículas pode afetar a qualidade da palha devido à ação de fungos. Não se sabe ainda se isso afeta a durabilidade da vassoura (FOLTRAN, 2012).

2.4.4 Sorgo sacarino

O sorgo sacarino apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. Trata-se de uma espécie de ciclo rápido (quatro meses), cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratos culturais e colheita), alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t.ha⁻¹), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l.ha⁻¹), com bagaço utilizável como fonte de energia (vapor para industrialização e cogeração de eletricidade) (DURÃES, 2011).

É um tipo de sorgo bastante cultivado nos Estados Unidos, com a finalidade de produção de xarope, que substitui o açúcar como adoçante em indústria. Pode ser utilizado também na produção de álcool a partir dos açúcares diretamente fermentáveis existentes no colmo (PASSOS; CANÉCHIO FILHO; JOSÉ, 1977).

A Embrapa Milho e Sorgo possui um programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino desde a época do Pró-Álcool, programa que previa a substituição dos combustíveis veiculares derivados do petróleo por álcool, financiado pelo governo a partir de 1975 devido à crise do petróleo em 1973 (DINIZ, 2010). Devido à eliminação dos incentivos governamentais às pequenas destilarias na década de 80, o programa de melhoramento do

sorgo sacarino foi desacelerado na Embrapa. No entanto, a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino a partir de 2008, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias (DURÃES, 2011).

2.5 Pragas e doenças do sorgo

Apesar de sua rusticidade, o sorgo apresenta uma série de problemas relacionados à incidência de pragas e doenças, que podem afetar seriamente as plantas, e, conseqüentemente sua produção (WAQUIL, 2008).

Um dos aspectos do cultivo do sorgo para o qual o produtor deve estar atento é a ocorrência de pragas. É importante ressaltar que, o produtor deve fazer o acompanhamento periódico, do plantio até a colheita, pois, um grande número de espécies de insetos pode estar associado à cultura durante todo seu ciclo. Entretanto, apenas algumas espécies são fitófagas e somente poucas causam dano econômico. Por isso o monitoramento é importante, para identificar as espécies que são nocivas e adotar medidas de controle somente quando necessárias, pois o número de insetos nem sempre está relacionado com o dano à planta. Fatores como vigor, estágio de desenvolvimento, umidade do solo e período do ano são igualmente importantes (WAQUIL, 2008).

A cultura do sorgo sofre ataque desde as raízes até suas partes aéreas. Segundo Boiça Júnior e Lara, (1993), dentre os insetos que atacam as partes aéreas, um dos mais prejudiciais é a *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (*Lepidoptera: Pyralidae*), que, devido à grande expansão da cultura da cana-de-açúcar, também hospedeira dessa praga, passou a atacar com maior intensidade o sorgo.

O sorgo é suscetível a várias doenças, muitas das quais podem ser limitantes à sua produção, dependendo das condições ambientais e da suscetibilidade do cultivar. De acordo com o ano e com a região em que é cultivada, a cultura do sorgo pode ser atacada por patógenos causadores de doenças foliares, do colmo, da panícula, por agentes causais de doenças sistêmicas, além de fungos de solo causadores de podridões radiculares (COTA; COSTA; CASELA, 2010).

O efeito de uma doença na produção de grãos ou de forragem é diretamente proporcional à severidade de ataque em cada planta e o número de plantas infectadas. Determinadas doenças causam maiores problemas e abrangem consistentemente maior

extensão geográfica do que outras. Dessa forma, podem ser admitidas duas classes de doenças: as principais e as de menor expressão (CRUZ *et al.*, 2001).

A importância das consideradas principais é baseada na distribuição e nas perdas econômicas que podem ocasionar. No Brasil, a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), a doença açucarada do sorgo (*Claviceps africana*), a helmintosporiose/turcicum (*Exserohilum turcicum*) e o míldio (*Peronosclerospora sorghi*), são consideradas, as mais importantes, sendo que as quatro primeiras se destacam pela severidade e ocorrência generalizada. O míldio é considerado importante não somente pelos danos que causa ao sorgo, mas também pelos seus efeitos na cultura do milho (CRUZ *et al.*, 2001). Enquanto que as doenças de menor expressão são aquelas que podem causar danos em áreas endêmicas ou regionais, isto é, são limitadas em distribuição, devido ao ambiente, distribuição do patógeno, sistema de cultivo ou genótipo do hospedeiro.

2.6 Plantas daninhas

As plantas daninhas podem ser conceituadas tomando-se como base a sua indesejabilidade pelo homem. Pitelli (1980), a definiu como uma “planta que ocorre onde não é desejada”.

São plantas que são agrupadas de diferentes maneiras, dependendo do interesse que destina sua classificação. Quando se tem como objetivo estudar o seu controle, é mais interessante classifica-las de acordo com seu ciclo de vida, que se divide em plantas anuais, bienuais e perenes (BLANCO; 1977 e CRUZ, 1978).

As plantas daninhas anuais são aquelas que germinam, desenvolvem-se, florescem, disseminam-se e morrem, no período máximo de um ano. Seus desenvolvimentos são mais rápidos quando as condições climáticas são mais favoráveis. Embora possam reproduzir-se vegetativamente, sobretudo em condições úmidas, seu principal meio de propagação é por sementes, que são produzidas em grandes quantidades e, geralmente, dotadas de dispositivos especiais que facilitam sua disseminação e estabelecimento (BLANCO, 1977; GELMINI, 1988).

As plantas bianuais são aquelas que apresentam crescimento vegetativo no primeiro ano e completam seu ciclo de vida no segundo (BLANCO, 1977). As perenes apresentam ciclo de vida superior a dois anos, reproduzindo-se tanto por sementes como vegetativamente,

por meio de rizomas, bulbos, tubérculos ou estolões. Nesse grupo estão incluídas as plantas daninhas de controle mais difícil e dispendioso. O controle mecânico e as capinas não conseguem eliminá-las totalmente, pois seus órgãos subterrâneos e mesmo pedaços de hastes, possuem a capacidade de reinfestar a área (GELMINI, 1988).

As plantas daninhas têm grande importância na produção agrícola devido ao alto grau de interferência (ação conjunta da competição e/ou da alelopatia) imposta às culturas. Ao contrário dos ataques de pragas e doenças, ocasionados normalmente por uma ou poucas espécies, a infestação de plantas daninhas é representada por muitas espécies, emergindo em épocas diferentes e dificultando sobremaneira o seu controle. Um dos principais problemas na cultura do sorgo tem sido o controle de plantas daninhas. Relatos da literatura indicam que, não havendo o controle das plantas daninhas nas quatro primeiras semanas após a emergência do sorgo, pode ocorrer uma redução na produção de grãos da ordem de 35%. Em caso de não se empregar nenhum método de controle, esta redução pode chegar a aproximadamente 71% (EMBRAPA, 2008).

2.7 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas quando crescem junto com as culturas agrícolas interferem no seu desenvolvimento reduzindo-lhes a produção. Competem pela extração dos elementos vitais: água, luz, CO₂ e nutrientes que exercem inibição química sobre o desenvolvimento das plantas, fenômeno esse conhecido como alelopatia. Estima-se que as perdas ocasionadas às culturas agrícolas pela interferência de plantas daninhas no Brasil sejam em torno de 20% a 30%. Além da redução quantitativa da produção, esta pode ser qualitativamente depreciada pela contaminação com sementes e restos de plantas daninhas (TAKADA, 2012).

De acordo com Da Silva, Passine e Viana (1986), as plantas daninhas prejudicam a cultura do sorgo não só pela competição por luz solar, mas também por água e sais minerais, principalmente os nitrogenados. Efeitos alelopáticos, hospedagem de insetos, doenças e nematóides e interferência na colheita podem também contribuir para uma menor produção de grãos ou biomassa e concorrer para um produto final de baixa qualidade. O crescimento lento do sorgo nos estádios iniciais torna-o susceptível a plantas daninhas abafantes. O controle de plantas daninhas consiste na adoção de certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não necessariamente na sua completa eliminação. Esta é a erradicação, o controle ideal,

porém, dificilmente obtido na grande agricultura. A erradicação da infestação de plantas daninhas implica a completa remoção de uma determinada área de todas as sementes e estruturas de reprodução vegetativa (LORENZI, 2006). Ainda segundo Lorenzi (2006), as plantas daninhas podem ainda comprometer indiretamente certas culturas agrícolas por hospedarem pragas e doenças antes de infestarem as próprias culturas. A sua presença em uma lavoura, por outro lado, exige a adoção de alguma prática de controle e diminui o rendimento da operação de colheita, aumentando o custo de produção e, por conseguinte, diminuindo a eficiência agrícola.

2.8 Tipos de controle

2.8.1 Controle preventivo

O controle preventivo de plantas daninhas consiste no uso de práticas que visam prevenir a introdução, estabelecimento e/ou a disseminação de determinadas espécies em áreas ainda por elas não infestadas. Estas áreas podem ser todo um país, estado, município, fazenda ou até mesmo um talhão ou quadra agrícola. Tanto no território nacional como no estadual, o controle preventivo de plantas daninhas é efetuado de acordo com a legislação de sementes que regula a sua entrada no país e a comercialização interna. A legislação estabelece limites de tolerância para sementes de espécies proibidas para cada cultura ou espécies de culturas. No local de plantio, é de responsabilidade de indivíduos ou grupos de pessoas com o desejo comum de prevenir a introdução e disseminação de uma ou mais espécies daninhas; em síntese, o elemento humano é a chave do controle preventivo (LORENZI, 2006).

Impedir a entrada e a disseminação de sementes e de outros órgãos de reprodução de novas espécies de plantas daninhas é a primeira prática preventiva. Elas são muitas vezes introduzidas com sementes de culturas contaminadas. Outra forma é a natural, pelo vento ou com a irrigação. Deve-se impedir, também, a disseminação de partes vegetativas de espécies perenes que ocorrem em pequenas áreas da lavoura e, sempre, lavar equipamentos de preparo de solo quando se muda de uma área para outra (DEUBER, 1992).

O controle preventivo é o mais recomendado, evitando-se a entrada do patógeno na área, haja vista que uma vez introduzido no solo, tanto a convivência, quanto a sua erradicação apresentam problemas, decorrentes dos poucos métodos de controle disponíveis, e das suas desvantagens (GHINI, 1998).

Práticas preventivas como utilizar sementes de boa qualidade, provenientes de campos controlados e livre de disseminulos; promover a limpeza rigorosa de todas as máquinas e de todos os implementos, antes de serem transportados para outras; controlar o desenvolvimento das invasoras, impedindo, ao máximo, a produção de sementes e/ou estruturas de reprodução nas margens de cerca, estradas, terraços, pátios, canais de irrigação ou qualquer outro local da propriedade; controlar focos de infestação e utilizar a rotação de culturas devem ser adotadas para evitar a disseminação (GRAZZIEIRO *et al.*, 2001).

2.8.2 Controle cultural

O método cultural normalmente é utilizado pelos agricultores, mas não tem sido considerado como uma técnica de manejo de plantas daninhas. Esse método consiste da utilização de práticas culturais ou agrícolas que favoreçam a capacidade competitiva da cultura ou mesmo que diminuam a presença das plantas daninhas. Espaçamento entre linhas, densidade, época de plantio, uso de variedades adaptadas às regiões, uso de cobertura morta, adubações adequadas e irrigação, são técnicas que permitem à cultura ser mais competitiva com as plantas daninhas (COELHO *et al.*, 2002). Para Lorenzi (2006), o controle cultural consiste no uso de práticas comuns ao bom manejo da água e do solo, como a rotação de cultura, a variação do espaçamento da cultura e o uso de coberturas verdes.

2.8.3 Controle mecânico

As plantas daninhas podem ser removidas mecanicamente com enxada, cultivador, enxada rotativa ou com um vibronivelador. As capinas manuais são indicadas para lavouras pequenas (1 a 2 ha), e a demanda de mão-de-obra por capina varia de 8 a 10 serviços.ha⁻¹. As capinas devem ser feitas tão logo surjam as primeiras plantas daninhas e devem garantir a cultura no limpo pelas seis primeiras semanas (DA SILVA; PASSINE; VIANA, 1986).

O uso dos cultivadores (tracionados por animal ou trator) é um método comum de controle de plantas daninhas na cultura do sorgo. O cultivo mecânico apresenta a desvantagem de causar injúrias ao sistema radicular e de não eliminar as plantas daninhas muito próximas da fileira do sorgo. O cultivo mecânico é incompatível também com o sistema

de plantio direto, ficando restrito aos plantios no sistema convencional de aração e gradagem (COELHO *et al.*, 2002).

Lorenzi (2006) relata que o controle mecânico, conforme o próprio nome indica, consiste no uso de práticas de eliminação de ervas por meio do efeito físico-mecânico, como o arranquio manual, a capina manual, a roçada, a inundação, a queima, a cobertura morta e o cultivo mecanizado.

2.8.4 Controle químico

O controle de plantas daninhas pode ser realizado de várias formas, porém, a operação mais utilizada é o controle químico. A agricultura moderna exige uma elevada quantidade de insumos químicos e partindo desse princípio o herbicida vem sendo motivo de muitas discussões e trabalhos realizados por especialistas. Do ponto de vista econômico, com a globalização e a forte concorrência do mercado interno e externo é impossível competir sem a utilização desses defensivos agrícolas (TAKADA, 2012).

O uso de herbicidas pode prevenir a interferência das plantas daninhas principalmente no início do ciclo, período durante o qual as plantas daninhas causam normalmente as maiores perdas nas culturas. É um aspecto importante quando na população de plantas daninhas presentes são encontradas espécies de difícil controle após a emergência, ou quando as plantas daninhas são indesejáveis durante todo o ciclo da cultura, como no caso de áreas destinadas à produção de sementes. Além disso, o uso de herbicidas proporciona um controle mais efetivo nas linhas de plantio, onde muitas vezes outros métodos de controle não tem a mesma eficiência. Em contrapartida, todos os pesticidas possuem certo grau de toxicidade para o homem e para outras espécies de plantas e animais. Embora a tendência atual seja de que os novos herbicidas lançados no mercado apresentem um menor grau de toxicidade para o homem e o ambiente, ainda existem preocupações com relação aos casos de intoxicação registrados em aplicadores e manipuladores de caldas de pesticidas (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

O emprego do controle químico de plantas daninhas deve ser feito juntamente com outras práticas de controle, sendo a de maior importância o controle cultural, uma vez que este possibilita as melhores condições de desenvolvimento e permanência das culturas, cabendo ao controle químico apenas auxiliar quando necessário. O emprego do controle químico como único método pode levar ao desequilíbrio no sistema de produção. Portanto, o herbicida é uma

ferramenta muito importante no manejo integrado de plantas daninhas, desde que utilizado no momento adequado e de forma correta (SILVA *et al.*, 2007).

2.9 Herbicidas

Segundo dados estatísticos oficiais, o Brasil é há seis anos o maior consumidor de agrotóxicos do mundo apesar de apostar cada vez mais nos transgênicos. Com a chegada da primavera e o início do plantio de importantes commodities como soja, milho, cana-de-açúcar e algodão para a safra 2013/2014, o Brasil voltará a ocupar, pelo sexto ano consecutivo, o lugar de maior consumidor mundial de agrotóxicos. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), órgão responsável pela liberação do uso comercial de defensivos agrícolas no país, o mercado brasileiro de agrotóxicos cresceu 190% na última década, em um ritmo de expansão duas vezes maior do que o apresentado pelo mercado mundial (93%) no mesmo período (THUSWOHL, 2013).

Na região nordeste o uso de herbicidas torna-se ainda mais crítico, principalmente devido ao uso intensivo, envolvendo sistemas de produção de frutas para exportação. Toda a região do Vale do Submédio Rio São Francisco está sob esse sistema, com a utilização de pivôs de irrigação. Um sistema como esse, com atuação por tempo prolongado, sem maiores controles da qualidade e quantidade de água usada, pode favorecer o aparecimento de dois problemas básicos: a) diminuição da disponibilidade de água do rio para outros fins mais nobres, e, b) salinização/contaminação do solo, afetando sensivelmente a produtividade e a água do lençol freático, que é muito raso em toda região (GOMES; BARIZON, 2014).

Segundo Zimdhal (1993), para identificar herbicidas é necessário agrupá-los de acordo com seu mecanismo de atuação nas plantas e sua estrutura química básica. De forma geral, herbicidas que pertencem à mesma família química apresentam sintomas similares nas plantas susceptíveis, embora existam exceções à regra. Também pode haver forte similaridade nos sintomas mostrados pelas plantas entre herbicidas de famílias químicas diferentes, mas que apresentam o mesmo mecanismo de ação. Neste contexto, Oliveira Junior (2011), relata que o primeiro ponto importante que deve ser esclarecido é a diferença entre mecanismo de ação e modo de ação. Considera-se que o mecanismo de ação diz respeito ao primeiro ponto do metabolismo das plantas onde o herbicida atua. Neste caso, o mecanismo de ação é normalmente o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final

do herbicida sobre a planta. O conjunto desses eventos metabólicos, incluindo os sintomas visíveis da ação do herbicida sobre a planta, denomina-se modo de ação. A seguir são discutidos os mecanismos de ação dos herbicidas que apresentam alto e médio risco de seleção de biótipos resistentes.

2.9.1 Mimetizadores de auxinas

Os herbicidas auxínicos, em plantas dicotiledôneas sensíveis, induzem mudanças metabólicas e bioquímicas, podendo levá-las à morte. O metabolismo de ácidos nucleicos e os aspectos metabólicos da plasticidade da parede celular são seriamente afetados. Esses produtos interferem na ação da enzima RNA-polimerase e, conseqüentemente, na síntese de ácidos nucleicos e proteínas (THILL, 2003). Induzem intensa proliferação celular em tecidos, causando epinastia de folhas e caule, além de interrupção do floema, impedindo o movimento dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular.

O alongamento celular parece estar relacionado com a diminuição do potencial osmótico das células, provocado pelo acúmulo de proteínas e, também, mais especificamente, pelo efeito desses produtos sobre o afrouxamento das paredes celulares. Essa perda da rigidez das paredes celulares é provocada pelo incremento na síntese da enzima celulase (SILVA; SILVA, 2007). Após aplicações desses herbicidas, em plantas sensíveis, verificam-se rapidamente aumentos significativos da enzima celulase, especialmente da carboximetilcelulase (CMC), notadamente nas raízes. Devido a esses efeitos ocorre epinastia das folhas, retorcimento do caule, engrossamento das gemas terminais, destruição do sistema radicular e morte da planta, em poucos dias ou semanas (FERREIRA; SILVA; FERREIRA, 2005).

2.9.2 Inibidores de fotossíntese II (FS II)

Estes herbicidas atuam inibindo o fotossistema II pela complexação com a proteína D1, interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas. Os sintomas característicos da ação desses produtos são as cloroses internervurais e das bordas das folhas devido à fotoxidação da clorofila. Podem ocorrer, ainda, rompimentos na membrana citoplasmática celular em decorrência da peroxidação de lipídios, causada pelos radicais tóxicos (clorofila

tripleta e oxigênio singleto). Os sintomas aparecem primeiramente nas bordas, progredindo para o centro das folhas (KARAM; OLIVEIRA, 2007).

Plantas suscetíveis tratadas morrem mais rapidamente quando pulverizados na presença da luz do que quando pulverizadas e colocadas no escuro. Esse fato demonstra que algo a mais simples inibição do fotossistema II está ocorrendo. Sabe-se que a clorose foliar que ocorre após o tratamento é devida a rompimentos na membrana dos pigmentos causados pela peroxidação de lipídeos (ácidos graxos insaturados) da membrana (SILVA; SILVA, 2007).

2.9.3 Inibidores de fotossíntese I (FS I)

Característicos por serem herbicidas não-seletivos e de reduzida translocação, os herbicidas inibidores da fotossíntese (FS I) agem inibindo o fotossistema I pela captura de elétrons provenientes da fotossíntese. Neste processo, há a formação de radicais tóxicos instáveis, que sofrem oxidação e redução na presença de oxigênio celular formando radicais de superóxidos, que se transformam em peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A formação de radicais hidroxilas (OH^\cdot) ocasiona o vazamento do conteúdo celular e a morte dos tecidos vegetais. Estes sintomas são observados poucas horas após a aplicação, quando há presença de luz (KARAM; OLIVEIRA, 2007).

2.9.4 Herbicidas inibidores da PPO

A atividade desses herbicidas é expressa por necrose foliar da planta tratada em pós-emergência, após um período de 4 a 6 horas de luz solar. Os primeiros sintomas são manchas verde-escuras nas folhas, dando a impressão de que estão encharcados pelo rompimento da membrana celular e derramamento de líquido citoplasmático nos intervalos celulares. No caso do uso em pré-emergência, o tecido é danificado pelo contato com o herbicida no momento em que a plântula emerge. Similarmente à aplicação pós-emergência, o sintoma característico é a necrose do tecido (WELLER, 2003).

2.9.5 Herbicidas inibidores do arranjo dos microtúbulos

São herbicidas que fazem parte do grupo das dinitroanilas (trifluralin, pendimethalin e oryzalin). O fuso cromático é formado por proteínas microtubulares denominadas tubulinas (SILVA; SILVA, 2007). Sua ação é direta sobre a divisão celular, tendo como consequência o aparecimento de células multinucleadas (aberrações). Esses herbicidas inibem o crescimento da radícula e a formação das raízes secundárias. Mostram-se eficientes apenas quando usados em pré-emergência, porque sua ação principal se manifesta pelo impedimento da formação do sistema radicular das plantas (WELLWER; SHANER, 2003).

2.9.6 Inibidores da síntese de ácidos graxos de cadeias muito longas (VLCFA)

São herbicidas inibidores de divisão celular (KARAM; OLIVEIRA, 2007). A maioria dos efeitos bioquímicos relatados sobre o modo de ação desses herbicidas pode ser interpretada com base na inibição da síntese de proteínas. Os efeitos das cloroacetaminas sobre a síntese de gordura podem ser atribuídos à interferência no metabolismo da enzima CoA, lipídeos, ácidos graxos, terpenos etc. (SILVA; SILVA, 2007).

2.9.7 Herbicidas inibidores da acetolactato sintase

A acetolactato sintase (ALS) é a primeira enzima na via metabólica de biossíntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada leucina (Leu), valina (Val) e isoleucina (Ile). Imidazolinonas (IMI), sulfoniluréias (SUL), triazolopirimidina sulfonanilidas (TRS) e pirimidil-oxi-tiobenzoato (POT) são os principais grupos químicos de herbicidas que inibem essa enzima (LEITE *et al.*, 1998). Atualmente há vários herbicidas deste grupo no mercado. Apresentam alto nível de atividade em doses muito pequenas. Exemplos de culturas tolerantes a um ou mais herbicidas desse grupo químico são trigo, soja, arroz, feijão, batata, beterraba, algodão, coníferas, cana-de-açúcar etc. (SILVA; SILVA, 2007).

2.9.8 Herbicidas inibidores da EPSPs (glifosate)

O primeiro sintoma observado após tratamento com glifosate é a inibição de crescimento, seguido por clorose dos tecidos tratados. O mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), através da inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato-sintase) na via do shikimato. Sobre a razão do aparecimento de plantas daninhas resistentes a glifosate pairam muitas dúvidas, mas o que se sabe é que a acumulação de shikimato não ocorre, assim EPSPs aparentemente não é inibida. A teoria aceita atualmente é que o glifosate nas plantas daninhas resistentes não se move para o sítio de ação no cloroplasto. O surgimento de plantas daninhas resistentes a glifosate é um evento muito difícil de ocorrer, sendo relatados apenas quatro biótipos até o momento (WEED SCIENCE, 2003).

2.9.9 Herbicidas inibidores de glutamina sintetase

O herbicida de contato não-seletivo glufosinato de amônia é o único herbicida classificado como inibidor da enzima glutamina sintetase. Com a inibição desta enzima pelo produto, há um acúmulo de amônia nas células, causando inibição da fotossíntese e consequente morte das mesmas (KARAM; OLIVEIRA, 2007). Uma vez que a amônia é produzida principalmente durante a reação relacionada com o transporte de elétrons fotossintéticos, a acumulação é maior em plantas expostas à maior incidência luminosa. O primeiro sintoma de intoxicação é o amarelecimento da folhagem e outros tecidos da planta, seguido de murchamento e morte da planta, entre 7 e 14 dias (SILVA; SILVA, 2007).

2.9.10 Herbicidas inibidores da ACCase

Os ariloxifenoxipropionatos e ciclohexanodionas são dois grupos químicos de herbicidas utilizados para o controle de gramíneas perenes e anuais, em condições de pós-emergência. Esses herbicidas são geralmente recomendados para culturas pertencentes à classe das dicotiledôneas (VIDAL; FLECK, 1997; CHRISTOFFOLETI, 2001). Apresentam como mecanismo de ação a inibição ACCase (Acetil Coa carboxilase), que é uma das enzimas responsáveis pela síntese de ácidos graxos. A enzima atua na fase inicial da síntese de ácidos

graxos, que são constituintes dos lipídios que ocorrem nas membranas de células e organelas. Esses lipídios regulam a permeabilidade seletiva (KISSMANN, 2003). Os herbicidas deste grupo são inibidores reversíveis e não competitivos da enzima ACCase (VIDAL; MEROTTO, 2001). Neste grupo os herbicidas podem desenvolver resistência cruzada, porém isso nem sempre acontece. Por exemplo, os produtos como sethoxydim e tepraloxidim não tem apresentado resistência cruzada. Assim o grupo deveria ser subdividido em A1 e A2 (KISSMANN, 2003).

2.9.11 Herbicidas inibidores da síntese de lipídeos (Não inibem a ACCase)

Os principais herbicidas deste grupo registrados no Brasil (molinate e thiobencarb) pertencem à família dos tiocarbamatos e são de uso específico para controle de plantas daninhas na cultura do arroz (SILVA; SILVA, 2007). Embora atualmente exista apenas um princípio ativo registrado para uso deste grupo, diversos princípios importantes do controle químico de plantas daninhas foram desenvolvidos primeiramente com o grupo dos tiocarbamatos (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

2.9.12 Herbicidas inibidores de carotenoides (despigmentadores)

Os grupos químicos tricetona, piridazinoma, isoxazole, triazole e izoxazolidina compõem a classe de herbicidas inibidores de carotenoides. As plantas suscetíveis a esses herbicidas perdem a cor verde após o tratamento (HESS; JACHETTA, 2003 e HRAC, 2005). Os herbicidas inibidores desses pigmentos agem na rota de biossíntese de carotenoides, resultando no acúmulo de phytoeno e phytoflueno, com predomínio do phytoeno, que são dois precursores sem cor, do caroteno (MORELAND, 1980). A produção de tecidos albinos, pelas plantas tratadas, não implica que esses herbicidas inibam diretamente a síntese de clorofila. A perda da clorofila é resultado da sua oxidação pela luz (fotooxidação), devido à falta de carotenoides que a protegem da fotooxidação (SILVA; SILVA, 2007).

2.10 Efeito residual dos herbicidas

Devido à elevada utilização de herbicidas nos cultivos agrícolas brasileiros, tem-se observado maior preocupação quanto à contaminação do ambiente e à utilização racional dos recursos hídricos e do solo. Entre os efeitos diretos percebidos pelos produtores estão os sintomas de intoxicação e a redução de produtividade das culturas, ocasionados por herbicidas de ação residual. Sua permanência e degradação no solo são processos-chave na determinação do seu efeito residual (HINZ, 2001).

O solo é, normalmente, o destino final dos pesticidas aplicados nas culturas de interesse agrícola. A persistência destes compostos é uma característica físico-química específica, embora seja fortemente influenciada por fatores relacionados ao ambiente, ao manejo do solo e à dose utilizada. Para os herbicidas, a persistência representa a capacidade de demonstrar seu efeito residual, prevenindo o desenvolvimento das plantas daninhas em uma determinada área por um intervalo de tempo. Por outro lado, herbicidas com bioatividade muito prolongada podem causar injúrias às plantas sensíveis em um sistema de rotação de culturas ou em culturas consorciadas (INOUE *et al.*, 2000). Portanto, seu uso limita as opções de culturas a serem utilizadas em sucessão (GEISEL *et al.*, 2008).

É muito importante conhecer a persistência média no solo dos herbicidas utilizados nas culturas antecessoras, uma vez que o acúmulo de herbicidas no solo pode tornar-se um problema para os agricultores que trabalham com culturas de sucessão. O uso de fomesafem em feijão e diclosulan na soja para o sistema de cultivo de sucessão tem causado intoxicação em plantas de milho cultivadas após estas culturas aplicadas com estes herbicidas (KARAM; OLIVEIRA, 2007).

Herbicidas com ação residual no solo continua controlando biótipos suscetíveis de uma determinada espécie durante algum tempo, em diversos surtos germinativos, provocando uma diminuição das suas sementes no solo. Enquanto que herbicidas sem ação residual no solo, como muitos produtos de pós-emergência destroem os biótipos suscetíveis presentes no momento da aplicação, mas não afeta as plantas que emergem depois; o banco de sementes do solo não é afetado. Assim um herbicida residual permite uma maior proporção de plantas resistentes, por eliminar mais plantas suscetíveis (KISSMANN, 2003).

2.11 Sorção do herbicida no solo

No solo, a adsorção ou sorção, conforme denominado por Koskinen e Harper (1990), caracteriza-se por um fenômeno temporário pelo qual determinada substância em solução se fixa a uma superfície sólida ou líquida. Essa fixação ocorre por interação de forças da superfície coloidal do adsorvente (solo) e do adsorvato (herbicida); o sentido e a intensidade dessas forças resultam no aumento ou na diminuição da concentração do herbicida na solução do solo.

Na prática, a sorção é usualmente determinada apenas por meio do desaparecimento da substância química da solução do solo, sendo dependente das propriedades deste e do composto aplicado, as quais incluem tamanho, distribuição, configuração, estrutura molecular, funções químicas, solubilidade, polaridade, distribuição de cargas, natureza ácido/base dos herbicidas, entre outros. A quantidade do herbicida sorvido aos constituintes do solo é diretamente proporcional à superfície específica do material coloidal e decresce, geralmente, com o aumento da temperatura provocado pelo incremento da energia cinética das moléculas. Entretanto, a velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura, podendo favorecer a sorção com os constituintes orgânicos do solo (SILVA; VIVIAN; ANTONINO, 2009).

2.12 Lixiviação

A lixiviação é o carreamento do herbicida em solução para baixo, no solo, por meio da força gravitacional (KELLER; WEBER, 1997), onde as moléculas dos herbicidas se movimentam no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água pela diferença de potencial de água entre dois pontos (PRATA *et al.*, 2003).

O processo de lixiviação depende das características do herbicida, das características e propriedades do solo e das condições climáticas. Ao que se referem ao solo suas partículas (argilas, ácidos fúlvicos e húmicos, aminoácidos, peptídeos, açúcares), assim como o teor de matéria orgânica, pH, saturação por base, teor de carbono orgânico são fatores que regulam a quantidade de pesticida que fica sorvida ou livre na solução. Em relação, ao clima da região a temperatura interfere na velocidade da degradação do produto, a pluviosidade e irrigação afetam a movimentação do pesticida no solo, que depende do fluxo de água (INOUE *et al.*, 2003; MARCHESE, 2007).

2.13 Volatilização

Este processo é responsável pela distribuição do herbicida das superfícies do solo, planta ou água para a atmosfera. As moléculas dos herbicidas passam do estado líquido para a forma de vapor, podendo se perder na atmosfera. A tendência de uma molécula no estado líquido passar para o estado gasoso (ou volatilizar) é indicado por sua pressão de vapor (MONTGOMERY, 1997). Esse processo pode ser intensificado ou reduzido em função, também, da temperatura ambiente, da intensidade dos ventos e do teor de água no solo. Devido às variações nas condições climáticas, é comum encontrar diferentes taxas de volatilização para um mesmo herbicida (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

2.14 Escorrimento superficial – “Runoff”

A movimentação do herbicida ao longo da superfície do solo, juntamente com o escoamento da água da chuva ou até mesmo pelo vento, até a superfície das águas dos rios, lagos e terrenos de menor declividade, é conhecido como escoamento superficial ou “runoff”. Este processo afeta com grande intensidade os herbicidas aplicados diretamente no solo, mesmo porque esses são, geralmente, aplicados ao solo exposto diretamente às intempéries, antes ou logo após o plantio da cultura (PIRES *et al.*, 1995).

2.15 Herbicida DMA 806 BR® (2,4-D)

O 2,4-D, sal ou éster amina do ácido 2,4 diclofenoxinico, foi o primeiro herbicida seletivo descoberto para o controle de plantas daninhas latifoliadas anuais. É recomendado para pastagens, gramados e gramíneas (arroz, cana-de-açúcar trigo etc.). As formulações ésteres e ácidas são prontamente absorvidas pelo sistema radicular das plantas. Em ambos os casos, o 2,4-D se transloca por toda a planta tanto pelo floema quanto pelo xilema. Apresenta solubilidade de 600 mg L⁻¹ e pKa de 2,8. O Koc varia com a composição, sendo de 20 mg g⁻¹ de solo para formulações com ácido ou sais e de 100 mL g⁻¹ de solo para ésteres (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Apresenta seletividade para plantas de folhas estreitas, tendo maior fitotoxicidade quando aplicado em plantas de folha larga (dicotiledôneas). A seletividade ocorre por mecanismos fisiológicos (SAAD, 1978), possivelmente porque em dicotiledôneas essa auxina

sintética não é metabolizada tão rapidamente quanto a auxina endógena, enquanto monocotiledôneas podem rapidamente inativar auxinas sintéticas por conjugação (TAIZ; ZEIGER, 2004). Transloca-se com grande eficiência nas plantas com elevada atividade metabólica, sendo esta a condição para a ótima atividade do produto. Em geral, plantas ganham maior tolerância com a idade, mas, durante o florescimento, a resistência a herbicidas é reduzida (SILVA; SILVA, 2007).

O 2,4-D é classificado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como um herbicida hormonal de toxicidade I. Igual classificação é dada pela Organização Mundial de Saúde (World Health Organization - WHO) e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (United States-Environmental Protection Agency – US-EPA) (KAMRIN, 1999).

Desde que foi sintetizado e comercializado na década de 1940, o 2,4-D vem substituindo a capina manual e mecânica, diminuindo a mão-de-obra e resultando no aumento da produtividade agrícola. No que tange à saúde humana e aos riscos ao meio ambiente, ainda hoje existem lacunas de informações relativas aos efeitos desta molécula (2,4-D: FACT SHEET, 2014).

Em doses normais, a atividade residual do 2,4-D não excede quatro semanas em solos argilosos e clima quente. Em solos secos e frios, a decomposição é consideravelmente reduzida. É muito utilizado em misturas com inibidores da fotossíntese na cultura da cana-de-açúcar, e com glyphosate no plantio direto com aplicações dirigidas em fruteiras e lavouras de café. Em mistura com o picloram, é usado para controlar plantas daninhas perenes e pastagens (SILVA; SILVA, 2007).

2.16 Herbicida Herbadox® 400 EC (Pendimetalin)

O N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine (Pendimetalin) é um herbicida seletivo, de ação não sistêmica, do grupo químico das Dinitroanilinas, classificação toxicológica III, medianamente tóxico. É registrado no Brasil para controle de gramíneas nas culturas do: algodão, alho, arroz, amendoim, batata, café, cana-de-açúcar, cebola, feijão, fumo, milho, soja, trigo. É recomendado para uso em pré-emergência da planta daninha e da cultura ou em pré-plantio incorporado (PPI). É um herbicida de média volatilidade (pressão de vapor de $9,4 \times 10^{-5}$ mm Hg), sensível a luz e pouco móvel no solo, motivo pelo qual é recomendável sua incorporação ao solo seco e com um período de estiagem. O pendimetalin apresenta

solubilidade de 0,3 mg L⁻¹; pKa zero; Kow: 152.000; e Koc médio de 17.200 mg g⁻¹ de solo. É fortemente adsorvido pelos colóides do solo e por essa razão, sua lixiviação é muito baixa e as doses são recomendadas de acordo com as características físico-químicas do solo. Sua persistência varia de 3 a 6 meses de acordo com o solo, a dose aplicada e as condições climáticas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Atua nos tecidos meristemáticos onde inibe o crescimento das células e a divisão celular, por interferir na mitose; elimina as plantas susceptíveis no início da germinação; as gramíneas que conseguem emergir apresentam as raízes atrofiadas, sem elongação, em forma de toco; a seletividade dá-se, no caso das culturas de gramíneas, por posicionamento das sementes abaixo da camada onde se encontra o produto e, nas leguminosas, por ação fisiológica de degradação do produto nas plantas (ADAPAR).

Para o cultivo do sorgo várias considerações devem ser feitas, sendo necessário conhecer a seletividade do herbicida para a cultura e, principalmente, sua eficiência no controle das principais espécies daninhas na área cultivada. O uso de herbicidas, por ser uma operação de maior custo inicial, é indicado para lavouras médias e grandes com alto nível tecnológico, onde a expectativa é de uma alta produtividade. Poucos são os herbicidas registrados para uso na cultura do sorgo (COELHO *et al.*, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em regime de sequeiro, em condições de campo, no Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no Município de Areia – PB na microrregião do Brejo Paraibano, com (latitude 6°58'12''s, longitude 35°45'15''w e uma Altitude de 575m). Foi implantado no dias 27 de fevereiro de 2014 e concluído no dia 01 de julho do mesmo ano. De acordo com a classificação climática de Gaussem, o bioclima predominante na área é o 3dth nordestino sub-seco, com precipitação pluviométrica média anual de 1400 mm. Pela classificação de Köppen, o clima é o tipo As', o qual se caracteriza como quente e úmido, com chuvas de outono-inverno. A temperatura média oscila entre 21 e 26°C, com variações mensais mínimas.

Os tratamentos avaliados foram constituídos de herbicidas pré e pós-emergentes e as testemunhas, sem controle químico e com capina, as dosagens estão descritas no Quadro 1. Os

herbicidas utilizados foram o Herbadox® 400 EC, o qual é um herbicida seletivo, de ação não sistêmica, do grupo químico das Dinitroanilinas e o DMA® 806 BR, o qual é um herbicida de ação sistêmica do grupo do Ácido ariloxialcanóico. Os produtos não recomendados para a cultura do sorgo de acordo com seus manuais.

Quadro 1. Uso de diferentes doses de herbicidas e suas interações em sorgo forrageiro cultivado em regime de sequeiro no brejo paraibano. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, PB, 2014.

TRATAMENTOS		DOSES (l/ha)	Qtde por parcela (mL)
T1	TESTEMUNHA SEM CAPINA	0	Dosagem do produto/100ml de água
T2	TESTEMUNHA CAPINA	0	Dosagem do produto/100ml de água
T3	HERBADOX (50%)	1, 5	0,3/100
T4	HERBADOX (100%)	3,00	0,6/100
T5	DMA (50%)	0,625	0,125/100
T6	DMA (100%)	1,25	0,25/100
T7	HERBADOX (50%) + DMA (50%)	2,125	0,3+0,125/100
T8	HERBADOX (100%) + DMA (100%)	4,25	0,6+0,25/100
T9	HERBADOX (50%) + DMA (100%)	2,125	0,3+0,25/100
T10	HERBADOX (100%) + DMA (50%)	2,125	0,6+0,25/100

As aplicações dos herbicidas isolados e dos herbicidas em mistura foram aos vinte e um dias após a semeadura do sorgo, com Pulverizador Manual Pressão Acumulada para Garrafa Pet – Turbo II, com duplo bico e regulagem para jato direto e spray (Figura 2).



Figura 2. Pulverizador Manual Pressão Acumulada para Garrafa Pet – Turbo II, com bico duplo e regulagem para jato direto e spray. **Fonte:** Google imagens.

Os blocos foram espaçados em 1,0 m, para uma melhor locomoção. Cada bloco continha 9 parcelas, cada parcela foi dividida em duas subparcelas com $0,75\text{m}^2$ cada, onde, uma foi realizada campina manual, ou seja, sem herbicida (testemunha adicional), e a outra sem herbicida. Cada unidade experimental continha uma faixa lateral de 1 m sem aplicação de herbicidas, para facilitar a locomoção e as avaliações de controle. Utilizou-se uma variedade “crioula” de sorgo, oriunda de pequenos produtores da região do Vale do Piancó, que foi semeada em sulcos espaçados 50 cm com cerca de 15 sementes por metro linear.

3.1 Parâmetros avaliados

3.1.1 Altura de planta

A altura das plantas foi determinada fazendo-se uso de uma trena métrica com a leitura sendo realizada da base da planta à última folha totalmente expandida.

3.1.2 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi determinado fazendo-se uso de um paquímetro com a leitura sendo realizada a 5 cm acima da superfície do solo.

3.1.3 Número de folhas

O número de folhas foi determinando a partir da contagem de folhas verdes, definitivas e totalmente expandidas.

3.1.4 Determinação do rendimento dos grãos

Para a determinação do rendimento dos grãos do sorgo, procedeu-se ao corte manual das panículas com uma tesoura, debulha e limpeza com peneira, manualmente, e, em seguida, à pesagem dos grãos (Figura 3) trilhados da área útil de cada bloco, determinando-se o rendimento de grãos.

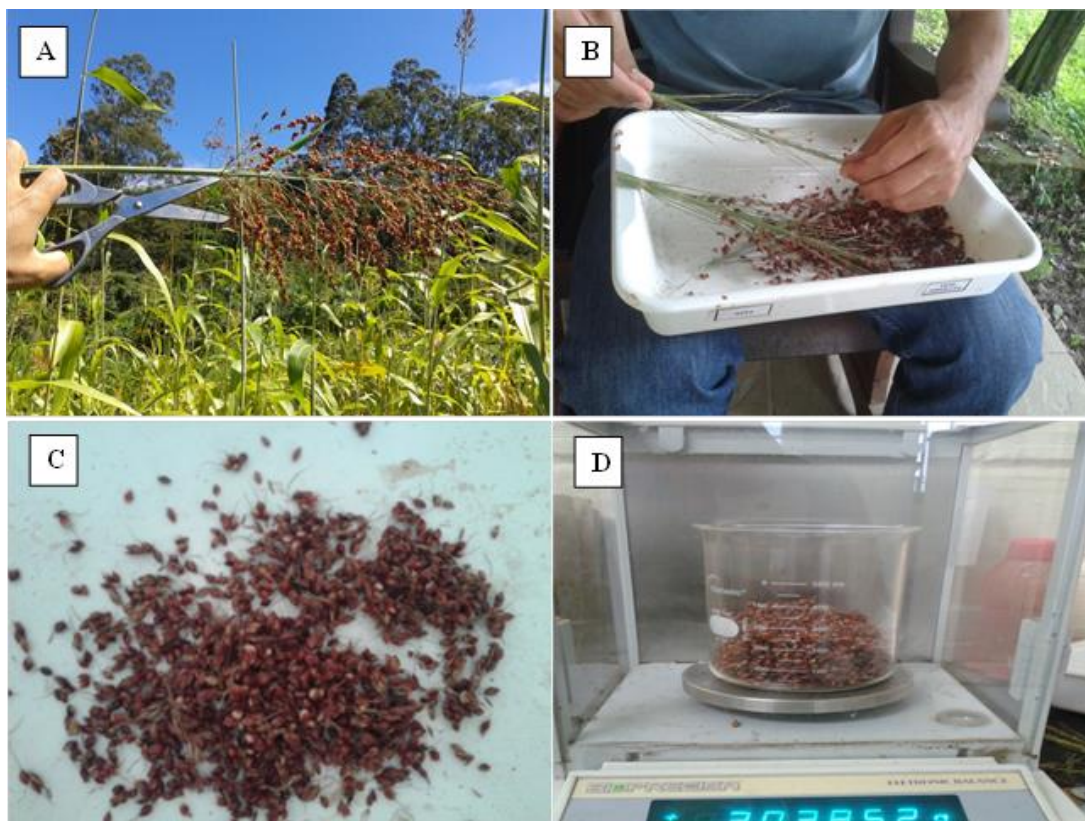


Figura 3. Etapas para determinação do rendimento dos grãos do sorgo: Corte da panícula (A); Debulha e limpeza com peneira e manualmente (B e C); Pesagem (D).

O sorgo forrageiro foi cultivado em sequeiro e não foi utilizado qualquer tipo de adubação ao longo do ciclo da cultura.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados (DBC), constando de dez tratamentos, com quatro blocos, contendo 6 plantas por tratamento. Os dados foram submetidos a análise de variância. Para os dados qualitativos foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação das médias e para os dados quantitativos foi utilizado regressão polinomial. Na análise estatística foi empregado o Programa Software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

a. Altura e diâmetro

Na Tabela 1, observa-se que os melhores métodos de controle com relação à altura da plantas foram o Herbadox® 50%; DMA® 50% e 100%; e o Sem controle. Com relação ao diâmetro colmo, os melhores métodos foram o Herbadox® 50%; DMA® 50% e 100%; e as misturas, Herbadox® (100%) + DMA® (100%) e Herbadox® (50%) + DMA® (100%).

Tabela 1. Altura e Diâmetro de Sorgo - variedade “crioula”, submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Sem controle	76,937a	6,019c
Capina	68,666b	5,146c
Herbadox (50%)	85,479a	9,002a
Herbadox (100%)	65,271b	6,979b
DMA (50%)	80,312a	9,062a
DMA (100%)	77,000a	8,834a
Herbadox (50%) + DMA (50%)	62,666b	7,021b
Herbadox (100%) + DMA (100%)	70,959b	7,876a
Herbadox (50%) + DMA (100%)	73,021b	8,750a
Herbadox (100%) + DMA (50%)	66,730b	7,189b
C.V. (%)	22,51	21,76

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O herbicida DMA 806 BR® (2,4-D) apresenta seletividade em plantas de folhas estreitas, em vista disso seu controle foi mais efetivo, influenciando positivamente no

crescimento vertical e no diâmetro das plantas de sorgo, quando aplicado em dosagens sem mistura.

De acordo com Petter *et al.* (2011), em estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, maiores doses de 2,4-D proporcionam menor crescimento das plantas. Esse resultado certamente está relacionado com os padrões de translocação de fotoassimilados em direção aos meristemas, que é o principal local de atuação dos herbicidas auxínicos, nas plantas em estádios iniciais de desenvolvimento. Além disso, plantas em estádios de desenvolvimento avançados podem apresentar maiores quantidades de ceras epicuticulares, constituindo uma barreira físico-química à penetração dos herbicidas pelas folhas. Dan *et al.* (2010) não verificaram redução na altura de plantas com a aplicação de 2,4-D em sorgo granífero. Contudo, Pacheco *et al.* (2007) observaram redução de 21% na altura de plantas de milho com a aplicação de 1.005 g ha⁻¹ de 2,4-D. Esses resultados contrastantes se devem a variações no comportamento de cultivares de sorgo quanto à sensibilidade ao herbicida 2,4-D, o que está associado a variações genéticas dos diferentes materiais (GERALDO *et al.*, 2000).

O Herbadox® (Pendimetalin) é um herbicida seletivo de ação não sistêmica, usado para controlar gramíneas anuais e certas folhas largas quando germinam, porém não controlam as plantas estabelecidas antes da aplicação. O Herbadox® mostrou-se satisfatório no controle das plantas daninhas quando aplicado sem mistura, na dosagem de 50%, onde as plantas de sorgo alcançaram maior desenvolvimento de altura e diâmetro, respectivamente. Quando aplicado em mistura com o 2,4-D em dosagens distintas, o melhor resultado alcançado foi com relação ao diâmetro, com dosagem máxima, 100%, dos dois e com 50% de Pendimetalin + 100% de 2,4-D.

Lamas, Mena e George (1986) constataram que o herbicida Pendimetalin, aplicado em diferentes dosagens, produziu um efeito fitotóxico em cultivares de sorgo tanto em casa de vegetação como em campo, reduzindo a altura das plantas. Este efeito foi mais evidente aos 10 dias após a aplicação do produto. Resultando também no acamamento das plantas. Este efeito caracteriza-se em nível do campo por uma curvatura na parte basal da planta em contato com a superfície do solo. Em casa de vegetação, foi expressa como um nanismo acompanhado por uma cor vermelha púrpura semelhante ao sintoma de deficiência de fósforo.

No tratamento sem controle de observou-se que houve maior crescimento vertical das plantas de sorgo, decorrente, possivelmente, da competição com as plantas daninhas, onde as plantas de sorgo na procura por luz se desenvolveram mais que as ervas daninhas, ficando

com menor diâmetro quando comparado aos tratamentos com aplicação de herbicidas. Com o aumento dos períodos de convivência das plantas daninhas com o sorgo e redução dos períodos de controle observou-se redução nas variáveis altura de plantas, diâmetro do colmo (CABRAL *et al.*, 2012). No tratamento apenas capinado houve uma infestação de *Cyperus rotundus* (Figura 4), que competiu diretamente com as plantas de sorgo influenciando negativamente no crescimento da cultura.



Figura 4. Infestação de *Cyperus rotundus* na cultura do sorgo.

Analisando as variáveis, altura e diâmetro das plantas de sorgo em um período de 60 dias (Figuras 6 e 7), observa-se que houve aumento em crescimento vertical e em diâmetro das plantas, como já era esperado. Porém, as plantas não atingiram altura e diâmetro desejados para este período. Segundo Rodrigues *et al.* (2008), a variedade BRS 655 atinge 250 cm em 110 dias. Os resultados alcançados com a variedade crioula não irão atingir este resultado no período de 110 dias. A variabilidade genética, estresse hídrico e a época de controle, são fatores que podem ter contribuído para estes resultados.

As sementes utilizadas no experimento foram provenientes de outra região, neste caso, o Sertão Paraibano que possui clima distinto ao da região que foi implantado o experimento, Brejo Paraibano. Por se tratar de sementes “crioulas”, possivelmente, já são adaptadas ao clima da região que foram trazidas, isso fez com que as plantas originadas destas sementes tivessem seu desenvolvimento comprometido, tendo em vista que a temperatura desta região é menor, variando entre 21 e 26 °C, enquanto que a temperatura média da região de onde as sementes foram trazidas varia entre 27 e 28 °C. Segundo Magalhães *et al.* (2000), a

temperatura noturna do ar baixa, geralmente atrasa o desenvolvimento dos estádios EC 2 e EC 3. A temperatura ótima para o crescimento da planta do sorgo está por volta de 33,34 °C. Acima de 38 °C e abaixo de 16 °C, a produtividade decresce. Baixas temperaturas (<10 °C) causam redução na área foliar, perfilhamento, altura, acumulação de matéria seca e um atraso na data de floração. Isto ocorre devido a uma redução da síntese de clorofila, especialmente nas folhas que se formam primeiro na planta jovem com consequente redução da fotossíntese.

Por se tratar de cultivo em sequeiro, as plantas passaram por períodos críticos de estresse hídrico, ficando, nos primeiros dias após a semeadura sob pouca incidência de chuva. Aos 32 dias após a emergência, as plantas apresentaram sintomas de estresse hídrico, o murchamento (Figura 5), que se recuperou após a primeira chuva. Este fato se deu, possivelmente, por a cultura do sorgo apresentar adaptação a secas periódicas. O estresse hídrico é um dos principais fatores que mais influenciam na redução da altura média das plantas (RITCHIE, 1975). Para Magalhães *et al.* (2000), o sorgo para produzir grãos requer cerca de 25 mm de água após o plantio, 250 mm durante o crescimento e 25 a 50 mm durante a maturidade.



Figura 5. Plantas de sorgo apresentando murchamento.

Cabral *et al.* (2013) constataram que a partir dos 21 dias após a emergência, cada dia de convivência das plantas daninhas com o sorgo proporcionou redução no diâmetro do colmo, sendo este efeito estendido até a colheita da cultura. Da mesma forma, quando o controle foi estendido até os 56 DAE, observou-se que o diâmetro do colmo não foi mais

afetado pelas plantas daninhas que se estabeleceram a partir desta data, em decorrência da competição exercida pela cultura.

A temperatura, o déficit de água e as deficiências pelos nutrientes, afetam as taxas de expansão das folhas, a altura da planta e duração da área foliar, sobretudo nos genótipos sensíveis ao fotoperíodo. Esses efeitos podem ser modificados por mudanças na duração do dia. A insuficiência de água é uma das causas mais comuns de redução de área foliar e está relacionada com a expansão das células Magalhães *et al.* (1999). Como este experimento foi implantado no final de fevereiro, este fato mencionado acima pode ter ocorrido, o que possivelmente explicaria os baixos valores de produção de grãos.

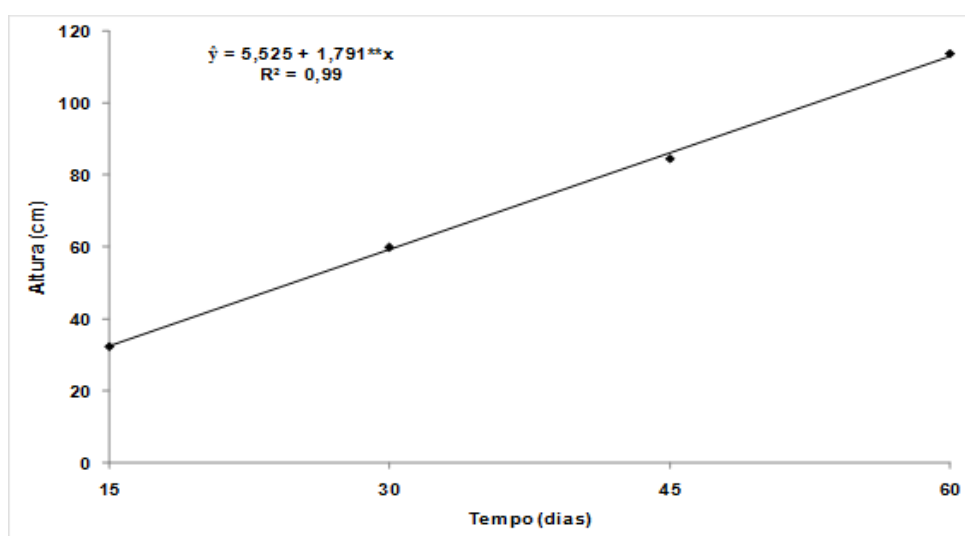


Figura 6. Altura das plantas de Sorgo - variedade "crioula" em intervalos quinzenais, por um período de 60 dias.

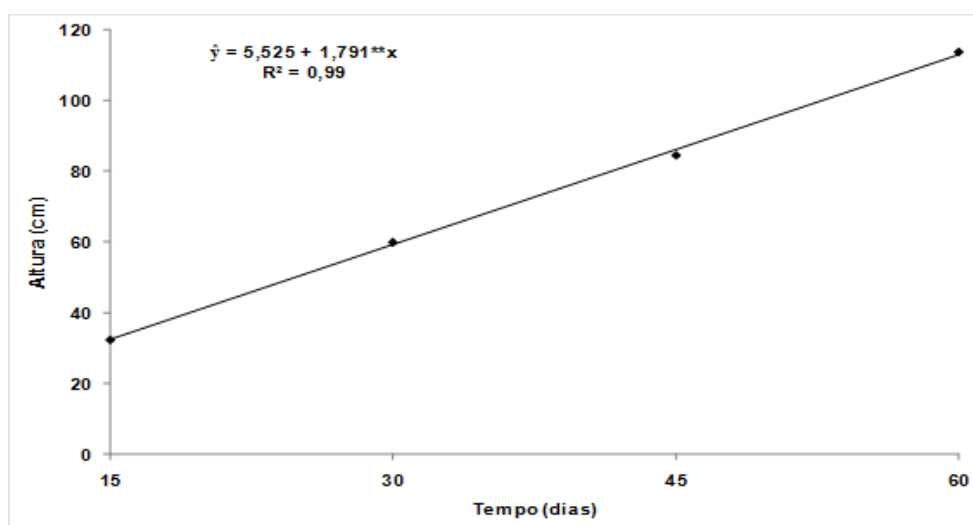


Figura 7. Diâmetro de Sorgo - variedade "crioula" em intervalos quinzenais, por um período de 60 dias.

b. Número de folhas verdes

Na Figura 8 observa-se o número de folhas das plantas de sorgo por um período de 60 dias.

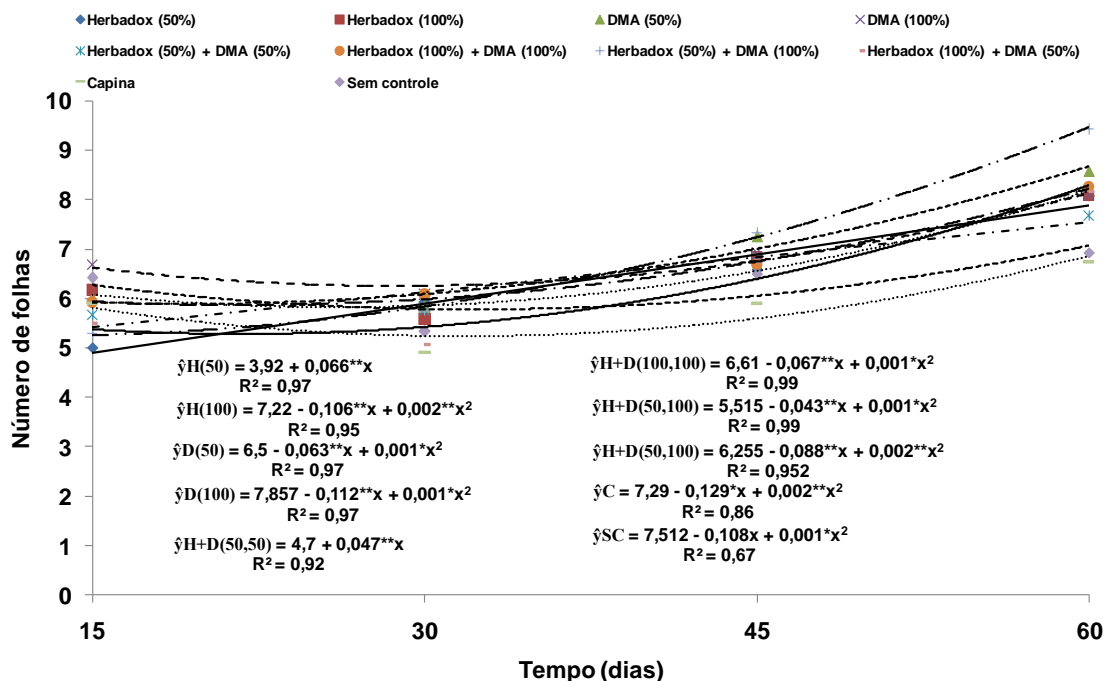


Figura 8. Número de folhas de Sorgo - variedade “crioula” submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas, em intervalos quinzenais por um período de 60 dias.

Na avaliação realizada no tratamento com Pendimetalin 50%, é possível perceber (Figura 8) que os dados ajustaram-se a uma equação linear, fato este justificado pelo aumento quantitativo do número de folhas verdes durante todo período de avaliação. Pode-se dizer que as plantas de sorgo não sofreram influencia sob a aplicação do herbicida Pendimetalin a 50% verificando-se sempre um incremento no decorrer das leituras, com 5, 6, 7 e 8 folhas verdes nas quatro leituras, respectivamente. Lamas *et al.* (1986) relataram que este herbicida aplicado em diferentes dosagens, produziu fitotoxicidade em cultivares de sorgo, reduzindo a altura das plantas, mas não relataram se houve redução na quantidade de folhas. Este aumento linear coincide com o controle das plantas daninhas, onde as plantas de sorgo se desenvolveram satisfatoriamente em altura e diâmetro. No tratamento com Pendimetalin 100%, os valores

ajustaram-se a uma equação quadrática. De acordo com as análises estatísticas, houve uma pequena redução no número de folhas verdes na segunda leitura, estando com 6 folhas, que pode ser justificado por efeitos fitotóxicos causado pelo herbicida na dosagem a 100%, ou pelo pequeno período de estiagem (Figura 9) neste intervalo, sendo justificado pelo aumento de folhas após o retorno das chuvas.

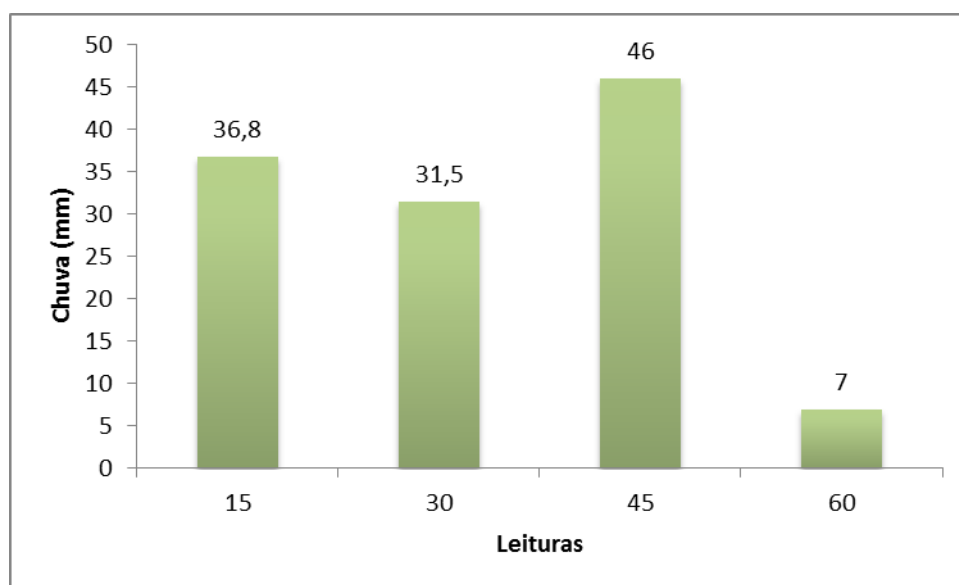


Figura 9. Pluviosidade (mm) durante as quatro leituras com intervalo de quinze dias de uma para outra. **Fonte:** Laboratório de Meteorologia e Climatologia do DSER/CCA/UFPB, Areia – PB.

Nos tratamentos com aplicação do herbicida 2,4-D sem mistura a 50 e 100%, respectivamente, seus valores ajustaram-se a uma equação quadrática. Pode-se observar nesses tratamentos que houve decréscimo na quantidade de folhas verdes, apresentando 5 folhas, respectivamente. Este período coincidiu com o de estresse hídrico que as plantas de sorgo passaram que foi aos 30 dias após emergência. Segundo Taiz e Zeiger (2002), no crescimento inicial ou nos estádios mais tardios de crescimento das plantas, a diminuição da disponibilidade hídrica não limita apenas a dimensão das folhas individuais, mas também o número de folhas. Tendo um incremento foliar após o retorno das chuvas. Esta redução também pode ter sido causada por efeitos fitotóxicos, Rosales-Robles *et al.* (2005) observaram que a utilização de 590 g ha⁻¹ de 2,4-D aplicado nos estádios de 4 a 6 folhas mostrou efeito fitotóxico em plantas de sorgo.

No tratamento com aplicação em mistura dos herbicidas Pendimetalin (50%) + 2,4-D (50%), seus valores ajustaram-se a uma equação linear, onde, assim como no tratamento com aplicação de Pendimetalin a 50%, também houve um incremento foliar no período de avaliação, verificando-se sempre um incremento no decorrer das leituras, com 5, 6, 7 e 8 folhas verdadeiras nas quatro leituras, respectivamente. Podendo-se dizer também que as plantas de sorgo não sofreram influência sob a aplicação dos herbicidas em mistura com as mesmas quantidades, independente do estresse hídrico que passaram.

Observa-se que no tratamento com aplicação da dosagem máxima recomenda para os dois herbicidas em mistura (100% + 100%), observa-se que seus valores ajustaram-se a uma equação quadrática, onde as plantas apresentaram 6 folhas na primeira leitura, havendo um decréscimo logo após a segunda leitura, ou seja, apresentando 5 folhas aos 33 dias, fato este que pode ser visualizado na Figura 8. Nas demais leituras houve incremento foliar atingindo 6 folhas verdes. Situação semelhante aconteceu com outros dois tratamentos aplicados sob misturas, 2,4-D a 100% + Pendimetalin a 50%; e Pendimetalin a 100% + 2,4-D a 50%. Destes, o que mais sofreu influência foi o tratamento 2,4-D a 100% + Pendimetalin a 50%, como visto na Figura 8, havendo decréscimo na quantidade de folhas verdes, ponto este atingido aos 30 dias, ou seja, na segunda leitura, mostrando-se com 5 folhas verdes, obtendo aumento no número de folhas na terceira leitura, com 6 folhas, mantendo-se até a última leitura. Enquanto que o tratamento com Pendimetalin a 100% + 2,4-D a 50% houve um incremento foliar, atingindo na última leitura 8 folhas verdes.

Nos tratamentos com capina e sem controle, seus valores ajustaram-se a equações quadráticas, respectivamente. Ambos os tratamentos mostraram-se influenciados pelo estresse hídrico e pela competição com as plantas daninhas.

No tratamento com capina pôde-se observar na primeira leitura que as plantas avaliadas apresentaram-se com 5 folhas verdes, justificado, possivelmente, pela não competição com as plantas daninhas na fase inicial. Para manter o parâmetro do trabalho de realizar apenas uma aplicação de herbicidas, assim foi feito com este tratamento, realizando-se apenas uma capina, fato que justifica o decréscimo da quantidade de folhas nas demais leituras junto com outro fator, a deficiência de água por curtos períodos. Comparando estes dois tratamentos, pôde-se observar que o tratamento com capina proporcionou menor desenvolvimento na quantidade de folhas verdes, fato este que pode ser justificado pelo fato das plantas do tratamento sem controle permanecerem por mais tempo com o solo recoberto

pelas plantas daninhas, com isso a umidade do solo permaneceu por mais tempo, propiciando melhores condições de desenvolvimento para as plantas de sorgo, relacionadas à umidade, que apesar da competição as plantas de sorgo conseguiram desenvolver mais folhas que as plantas do tratamento apenas com capina.

c. Produção do sorgo

Na Tabela 2, observa-se que os tratamentos com aplicação de DMA® (50 e 100%) não diferiram estatisticamente dos demais, havendo melhor controle das ervas daninhas, e as plantas de sorgo não sofreram influência negativa quanto aplicação deste herbicida, como consequência houve maior produção.

Tabela 2. Produção do Sorgo - variedade “crioula” submetidos a diferentes tratamentos de controle de plantas daninhas

Tratamentos	Produção
Sem controle	12,820c
Capina	12,549c
Herbadox (50%)	12,745c
Herbadox (100%)	9,652c
DMA (50%)	28,140a
DMA (100%)	29,922a
Herbadox (50%) + DMA (50%)	13,049c
Herbadox (100%) + DMA (100%)	19,988b
Herbadox (50%) + DMA (100%)	19,408b
Herbadox (100%) + DMA (50%)	15,502c
C.V. (%)	85,15

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Nos estádios iniciais de desenvolvimento, as plantas de sorgo são relativamente pequenas, frágeis e de crescimento lento (KRAMER e ROSS 1975). A competição com plantas daninhas nessa fase é bastante crítica, e, se medidas de controle não forem tomadas nas primeiras semanas após a emergência das plantas de sorgo, a produção de grãos pode ser reduzida em torno de 35% (SILVA *et al.*, 1998).

Resultados preliminares têm mostrado que o sorgo tem respondido positivamente à aplicação de herbicidas em pós-emergência, com produção de grãos bem acima do tratamento controle. No entanto, a época de aplicação e o tipo de herbicida selecionado são decisivos na obtenção de um bom resultado (MAGALHÃES *et al.*, 1999).

Petter *et al.* (2011), avaliando o desempenho agrônômico do sorgo em função de doses e épocas de aplicação do herbicida 2,4-D, constatou que a produtividade foi influenciada tanto pela época de aplicação quanto pelas doses do herbicida. Verificou que a aplicação desse herbicida em pré-florescimento foi a que proporcionou a menor produtividade de grãos. Corroborando esse resultado, Tamado e Milberg (2004) também verificaram redução no rendimento de grãos do sorgo em função da aplicação tardia de 2,4-D.

Os resultados obtidos neste trabalho, relativo à produção, divergem dos resultados de Petter *et al.* (2011) e Tamado e Milberg (2004), possivelmente por as aplicações terem sido feitas nos estádios iniciais da cultura. Tamado *et al.* (2002) observaram que, não havendo o controle das plantas daninhas nas quatro primeiras semanas após a emergência do sorgo, pode ocorrer redução na produtividade de grãos da ordem de 35 a 90%. Silva *et al.* (1986) verificaram que não havendo o controle das plantas daninhas nas quatro primeiras semanas após a emergência do sorgo, pode ocorrer uma redução na produção de grãos da ordem de 35%. Em caso de não se empregar nenhum método de controle esta redução pode chegar a aproximadamente 71%.

A temperatura também influencia no rendimento da cultura, sendo este fator expressado a durante EC2, manifestando-se no número de grãos por panícula afetando diretamente o rendimento final de grãos, este efeito pôde ser observado no experimento com panículas apresentando quantidade de grãos relativamente pequena (MAGALHÃES *et al.* (2000).

Segundo Ribas (2008), quando a planta está mal nutrida e/ou é submetida a um estresse de umidade, pode ocorrer um acamamento severo e a produtividade ficar comprometida, fato este observado neste trabalho. No caso de estabelecimento da cultura em épocas ou situações que sejam de alto risco para deficiência hídrica no ponto de maturação fisiológica, a recomendação é trabalhar com uma população de plantas final que seja de 15 a 20 % inferior à recomendada para situações normais.

5 CONCLUSÃO

- As variáveis altura da planta e diâmetro do colmo apresentaram os melhores valores com a aplicação dos herbicidas Herbadox 50% e DMA 50% e 100%;
- O desenvolvimento das plantas de sorgo não atingiram altura e diâmetro desejados no período das avaliações;
- Os tratamentos com aplicação de Herbadox® (50 e 100%), as misturas Herbadox® (50%) + DMA® (50%) e Herbadox® (100%) + DMA® (50%), e o com Capina, apresentaram maior número de folhas verdes;
- As aplicações com DMA (50 e 100%) apresentaram os melhores resultados na produção de grãos do sorgo.

6 BIBLIOGRAFIA

2,4-D: Fact Sheet. Disponível em: <[www.pppg.ufma.br/cadernosdepesquisa/uploads/.../Artigo%206\(14\).pdf](http://www.pppg.ufma.br/cadernosdepesquisa/uploads/.../Artigo%206(14).pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2014.

AGROBYTE. **Sorgo:** Preparo do solo. Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/sorgo.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/HERBADOX.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. de C. de; GUIMARAES, D. P. **Clima: época de plantio.** In: RODRIGUES, J. A. S.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). Cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27407/1/Clima.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

AGUIAR, L. M. S.; MORAES, A.V. de C. de; GUIMARÃES, D.P. **Cultivo do sorgo.** Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 3.ed. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/bdea3b804745780e857bd53fbc4c6735/D27++24-D.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

BARBASH, J. E.; THELIN, G. P.; KOLPIN, D. W.; GILLIOM R. J. **Distribution of major herbicides in ground water of the United States.** Sacramento: US Geological Survey Water-Resources, 1999. 58 p. (Investigations Report 98-4245). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/987245/1/Doc98.pdf>>. Acesso em 16 jul. 2014.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas.** 4. ed. Viçosa: UFV, 2005, p. 525. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/gmp/d/1909.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2014.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; LARA, F.M. Resistência de genótipos de sorgo ao ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (*Lepidoptera: Pyralidae*). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.245-252, 1993. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n2/a01.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

BOLDRINI, I.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BORCHAT, S.C. **Família Poaceae (gramineae)**. Porto Alegre: Departamento de botânica do instituto de biociências da UFRGS, p.70, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11858/000618599.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

BURKART, A. *et al.* **Flora ilustrada de entre rios – gramineae**. Buenos Aires, Argentina: INTA, p.442-738, 1969. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11858/000618599.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

BLANCO, H. G. Planta daninha e matologia. In: **Herbicidas em florestas**, v. 1, Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 1977. v. 5. p. 1-89. (Boletim Informativo-Boletim Informativo Especial – Circulação Interna).

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A. Estudos dos efeitos da época de controle do mato sobre a produção de citrus e a composição da flora daninha. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.45, n. 1, p.25-36, 1978.

CABRAL, P. H. R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T.; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013a. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/22966/15306>>. Acesso em 29 jul. 2014.

CABRAL, P. H. R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V. T.; PEDRINI, E. C. F. **Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em Rio Verde, GO**. I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IFGoiano. 2012. Disponível em: <<http://rioverde.ifgoiano.edu.br/wp-content/uploads/dppg/resumos/iniciacao/agronomia/Interfer%C3%Aancia-de-plantas-daninhas-na-cultura-do-sorgo-cultivado-em-Rio-Verde-GO.pdf>>. Acesso em 29 jul. 2014.

CARDOSO, M. L.; **Herbicida**. InfoEscola. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/agricultura/herbicida/>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo agrônomo, 14). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/sorgo/doutorsorgo.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

COTA, L. V.; DA COSTA, R. V.; CASELA, C. R. **Cultivo do sorgo**. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 6. ed. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/doencas.htm>. Acesso em: 08 jul. 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Sorgo, Safra 2013/2014. Quarto levantamento de Avaliação da Safra de Grãos, Janeiro de 2014. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_12_09_51_27_sorgojaneiro2014.pdf>. Acesso em 04 jul. 2014.

CLEGG, M. D.; EASTIN, J. D.; NELSON, L. A. **Field evaluation for cold tolerance in grain sorghum**. Crop Science, Madison, v. 23, p. 23-26, 1983. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. **Produção de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. Disponível em: <<http://www.forrageirasdow.com.br/Convert-SS318-Aspectos-Importantes-Cultivo-Sorgo.asp>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P.A. Bases da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.39-53, 2001. Disponível: www.hrac-br.com.br/arquivos/HRAC-BRMecanismosdeação.doc>. Acesso em: 19 jul. 2014.

DA SILVA, J. B.; PASSINE, T.; VIANA, A. C. **Controle de plantas daninhas na cultura do sorgo**. Informe Agropecuário, n. 144, 1986.

DEUBERT, R. Ciência das Plantas Daninhas: fundamentos. Jaboticabal, FUNEP, 431 p. v. 1, 1992.

DINIZ, G. M. M. **Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<http://lira.pro.br/wordpress/wp-content/uploads/downloads/2010/11/revisao-Guilherme-Diniz.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

DOGGET, H. Physiology and agronomy. In: DOGGET, H. **Sorghum**. London: Longmans, 1970. p. 180-211. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

DONATELLI, M.; HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v.32, p.781-786, 1992. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n8/18238.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

DUARTE, J. O. **Cultivo do sorgo**. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 6.ed. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/mercado.htm>. Acesso em: 04 jul. 2014.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. In: **Agroenergia em revista**, ano 2, 3.ed, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56043/1/BolfeAgroeRevis.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema de produção 2**. ISSN 1679-012X, versão eletrônica, 4.ed., 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantasdaninha.htm>. Acesso em: 13 out. 2010.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; LEMOS, L. B. Eficiência do herbicida 2,4 D no controle de *Raphanus raphanistrum* L., em pós-emergência na cultura de milheto. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 104-111, 2005. **Biblioteca(s)**: Epagri-Sede. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/download/132/131>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. Algodão, uma fibra natural: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/336.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2014.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Coarse Grains. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acessado em: 03 jul. 2014.

FOLTRAN, D. E. O Sorgo Vassoura como alternativa agrícola regional. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, jan./jun., 2012. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1204&Itemid=284>. Acesso em: 08 jul. 2013.

GAZZIEIRO, D. L. P. *et al.* **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa-CNPSo, p.59, 2001. (Embrapa-CNPSo. Circular Técnica, 33). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30122/1/Manejo-plantas.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

GERALDO, J. *et al.* Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milheto pérola. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n. 7, p. 1367-1376, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582011000500016&script=sci_arttext>. Acesso em: 27 jul. 2014.

GELMINI, G. A. **Agrotóxicos**: legislação – receituário agrônomo. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1988. (Manual, 29).

GEISEL, B. G. L.; SCHOENAU, J. J.; HOLM, F. A.; JONHSON, E. N. Interactions of ALS -inibiting herbicides residues in three prairie soils. **Weed science**, v.56, p.624-627, 2008. Disponível em: <www.abms.org.br/milhosafrrinha/trabalhos/71_2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2014.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 35 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 98). Disponível em:

<<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=pc&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BARIZON,%20R.%20R.%20M.%22>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

GOELLNER, C.I. Utilização de defensivos agrícolas no Brasil: análise do seu impacto sobre o ambiente e a saúde humana. 2 ed. Passo Fundo, RS: Artgraph Editora, 1993. 103 p. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv671/4%20-%20Leitura%2014%20-%20Controle%20quimico.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

GHINI, R. Solarização do solo. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Unesp, p.31-52, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n9/13199.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

HAMMER, G. L.; BROAD, I. J. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. *Agronomy Journal*, v.95, p.199-206, 2003. . Disponível em: <http://cdsa.ufcg.edu.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1441:potencial-da-cultura-do-sorgo-no-semiarido&catid=92:artigos&Itemid=460>. Acesso em: 03 jul. 2014.

HINZ, C. Description of sorption data with isotherm equations. **Geoderma**, v.99, p.225-243, 2001. Disponível em: <http://www.sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/dinamica_herbicidas_solo.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

INOUE, M. R.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, M.F. Persistência e atividade biológica de imazaquin e imazethapyr aplicados em duas épocas do ano. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.22, n.4, p.993-997, 2000. Disponível em: <www.abms.org.br/milhosafrinha/trabalhos/71_2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2014.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R.S.; REGITANO, J.B.; TORMENA, C.A.; TORNISIELO, V.L.; CONSTANTIN, J. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.313-323, 2003. Disponível em: <http://www.uems.br/pgagro/arquivos/8_2012-12-07_08-41-17.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. de. **Seletividade de herbicidas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 98). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/490989>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

KAMRIN, M. A. **Pesticides Profile: Toxicity, Environmental Impact, and Fate**, Lewis: New York, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/14994>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KELLER, K. E.; WEBER, J. B. Soybean (*Glycine max*) influences metolachlor mobility in soil. **Weed Sci.**, v. 45, n. 6, p. 833-841, 1997. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582004000400018&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modelling**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.51-57. (Book Series, 2). Disponível em: <http://www.sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/dinamica_herbicidas_solo.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KRAMER, N.W., ROSS, W.M. Cultivo de sorgo granífero en Estados Unidos. In: WALL, J.S. (Comp.) **Producción y usos del sorgo**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1975. p. 93-111.

KISSMANN, K.G. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. Disponível em: <http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_reisistencia_herbicidas.doc>. Acesso em: 19 jul. 2014.

LAMAS, N.; MENA, H.; GEORGE, E. **Efecto del herbicida pendimetalin en cultivos comerciales de sorgo granifero** (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: Revista Científica Agronomía Tropical. 37 (1-3): 63-74. 1987. Disponível em: <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at3713/Arti/lamas_n.htm#tope1>. Acesso em: 27 jul. 2014.

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e agrônômicos dos herbicidas inibidores da enzima ALS (AHAS)**. Londrina: Edição do autor, 1998. 68 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000100019>. Acesso em: 19 jul. 2014.

LIRA, M. de A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. In: Curso de extensão sobre a cultura do sorgo, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. **Curso de extensão sobre a cultura do sorgo**. Brasília: EMBRAPA-DID (IPA. Documentos, 1), p.87-88, 1981. Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/livrorg/sorgo.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**/ Harri Lorenzi. – 6.ed. – Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006. Disponível em: <<http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO%2017711207148%20%20Autor%20Edegar%20Itiro%20Takada.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

MAGALHÃES, P.C., DURÃES, F.O.M., OLIVEIRA, A.C., GAMA, E.E.G. Efeitos de diferentes técnicas de despendoamento na produção de milho. **Sci. Agríc.**, v.56, n.1, p.77-82, 1999.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo, 2000. 46p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

MAGNAVACA, R.; GARDNER, C. O. E.; CLARK, R. B. Inheritance of aluminum tolerance in maize, In: Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, edited by Gabelman, H. W. and B. C. Loughman. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, p.201-212, 1987. Disponível em: <http://cdsa.ufcg.edu.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1441:potencial-da-cultura-do-sorgo-no-semiarido&catid=92:artigos&Itemid=460>. Acesso em: 03 jul. 2014.

MARCHESE, L. **Sorção/dessorção e lixiviação do herbicida ametrina em solos canavieiros tratados com lodo de esgoto.** 2007. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2007. Disponível em: <http://www.uems.br/pgagro/arquivos/8_2012-12-07_08-41-17.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

MASOJIDEK, J. *et al.* The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v.96, p.198-207, 1991. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n8/18238.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.

MIRANDA, R.A. de; GARCIA, J.C.; CRUZ, J.C.; DUARTE, J. de O. Grande oportunidade à cultura marginal. A Granja, Porto Alegre, v. 68, n. 764, p. 46-48. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/EFEITO%20DE%20SUBDOSES.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2012.

MORELAND, D. E. Mechanisms of actions of herbicides. **Ann. Plant. Physiol.**, v. 31, p. 610, 1980.

HESS, F. D; JACHETTA, J.J. Inhibitors of branched chain amino acid and histidine biosynthesis. In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 383-396.

MORAIS, A. V. C. *et al.* **Cultivo do sorgo.** Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 3.ed. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/plantio.htm>. Acesso em: 06 jul. 2014.

MORRISON, F.B Alimentos e alimentação de animais. 2ed. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 892p. Disponível em: <scholar.google.com.br/scholar_url?hl=ptBR&q=http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/download/22/21&sa=X&scisig=AAGBfm0y8ggnsBAPVoWS3MM8cuclZkeANA&oi=scholar&ei=3tq7U4qyE5evsQSh54GoAg&ved=0CBwQgAMoATAA>. Acesso em: 08 jul. 2014.

MONTGOMERY, J.H. **Agrochemicals, desk reference**. 2 ed. Boca Raton-New York: Lewis Publishers, 1997. 656p. Disponível em: <http://www.uems.br/pgagro/arquivos/8_2012-12-07_08-41-17.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

NEUMANN, M., RESTLE, J., SOUZA, A.N.M. *et al.* Potencial produtivo de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) para corte e pastejo. In: 14 Congresso nacional de milho e sorgo, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/731/1/DV_COZOO_2011_2_12.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2014.

NOBRE, J.M.E.; KASPRZYKOWSKI, J.W.A. **Mercado potencial para o sorgo no Nordeste**. Fortaleza, CE: Departamento de Estudos Econômicos do Nordeste, v.1-2, 1975. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11858/000618599.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente In: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba-PR: Omnipax, 2011. p.263-304. Disponível em: <http://www.uems.br/pgagro/arquivos/8_2012-12-07_08-41-17.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

OLIVEIRA JR., R. S. Introdução ao controle químico. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTATINI, J; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348 p. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

PAUL, C. L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAUL, C. L. **Agronomia del sorgo** Patancheru: ICRISAT, 1990. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

PASSOS, S. M. G.; CANÉCHIO FILHO, V.; JOSÉ, A. Sorgo. In: _____. **Principais culturas**. Campinas-SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. p. 343 – 369.

PACHECO, L. P. *et al.* Tolerância do milheto (*Pennisetum americanum*) ao 2,4-D. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 173-179, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582011000500016&script=sci_arttext>. Acesso em: 27 jul. 2014.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M.; PROCOPIO, S. O.; ALMEIDA, F. A. **Desempenho agrônômico do sorgo em função de doses e épocas de aplicação do herbicida 2,4-D**. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 29, n. esp., p. 1091-1098, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582011000500016&script=sci_arttext>. Acesso em: 27 jul. 2014.

PITELLI, R. A. Ervas daninhas x culturas anuais. **A Granja**. v, 36, n. 387, p. 56-61, 1980. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde.../erreinaldo.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2014.

PIRES, N.M.; OLIVEIRA Jr., R.S.; PAES, J.M.V.; SILVA, E. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo uso de herbicidas**. Viçosa-MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1995. 22p. (Boletim Técnico SIF). Disponível em: <http://www.uems.br/pgagro/arquivos/8_2012-12-07_08-41-17.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

PRATA, F. *et al.* Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.175-180, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v26n3/a25v26n3.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G. dos; SCHAFFERT, R. E.; FERREIRA, A. da S.; CASELA C. R.; TARDIN, F. D. **BRS 655: híbrido de sorgo forrageiro para produção de silagem de alta qualidade**. 2008. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 2 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 107). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/491766>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. Plantio. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 4.ed. 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantio-plantio.htm>. Acesso em: 06 jul. 2014.

RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. Importância econômica. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 3.ed. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/importancia.htm#topo>. Acesso em: 05 jul. 2014.

RITCHIE, J. T. Atmospheric and soil water influences on the plant water balance. In: STONE, J. F. (Ed.). *Plant modification for more efficient water use*. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1975. p. 183-198. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2003000800010&script=sci_arttext>. Acesso em: 28 jul. 2014.

ROSA, W. J. **Cultura do sorgo**. Belo Horizonte - MG : EMATER-MG, 2012. il. (EMATER-MG. Ciências Agrárias, Culturas). Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/a%20cultura%20do%20sorgo.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2014.

RODRIGUES, B., N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 5.ed. Londrina, PR: 2005. 591 p.

RODRIGUES FILHO, O. *et al.* Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.7, n.1, p.37-48, 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/7099>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G. **Cultivo do sorgo**, versão eletrônica, 2.ed., 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v27nspe/v27nspea15.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

ROSALES-ROBLES, E. *et al.* Broadleaf weed management in grain sorghum with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Technol.**, v. 19, n. 1, p. 385-390, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000400011>. Acesso em: 31 jul. 2014.

RUAS, D.G.G.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Origem e importância do sorgo para o Brasil. In: **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo. 3. ed. Sete Lagoas, 1988. p. 7-11. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 1). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47291/1/Circ-1-Origem-importancia.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

SAAD, O. **A vez dos herbicidas**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1978. 267p. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/download/106/114>. Acesso em: 20 jul. 2014.

SILVA, A. V.; ALMEIDA, F. A. Cultura do sorgo granífero na Região do Brasil Central. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 25, Cuiabá. Anais. Cuiabá: Embrapa Gado de Corte, Empaer-MT, 2004. Disponível em: <http://cdsa.ufcg.edu.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1441:potencial-da-cultura-do-sorgo-no-semiarido&catid=92:artigos&Itemid=460>. Acesso em: 03 jul. 2014.

SILVA, J. M.; FEIJÓ, G. L. D.; THIAGO, L. R. L. S. *et al.* Desempenho animal e avaliação do potencial produtivo de forragens para ensilagem, por intermédio de diferentes fontes de suplementação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 642-653, 1999. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/217/235>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; ANTONINO, L. Dinâmica de herbicidas no solo. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2009. Disponível em: <http://www.sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/dinamica_herbicidas_solo.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, A.A., FERREIRA, F.A., FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. (2007). Biologia de plantas daninhas, In: **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**, Silva, A.A. & Silva, J.F., pp.17-61, Universidade Federal de Viçosa, ISBN 978-857-2692-75-5, Viçosa, Brasil.

SILVA, J.M., KICHEL, A.N., FEIJÓ, G.L.D. *et al.* Avaliação de cultivares de milho e sorgo para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora, 1997, v.1, p.187-189. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352000000400018&script=sci_arttext>. Acesso em 29 jul. 2014.

SORGO: em grão – 1ª safra. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v.6, n.4, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582000000300014&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 jul. 2014.

SYNGENTA. **Herbicidas**. Disponível em: <<http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/protecao-de-cultivos/Pages/herbicidas.aspx>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. p. 705. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000400011>. Acesso em: 31 jul. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/download/106/114>. Acesso em: 20 jul. 2014.

TABOSA, J.N. *et al.* **Programa de melhoramento de sorgo e milho em Pernambuco**. In: QUEIRÓZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R., (ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa semiárido/Brasília-DF: Embrapa recursos genéticos e biotecnologia, ISBN 85-7405-001-6, 1999. Disponível em: <<http://www.cepatsa.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

TAMADO, T.; MILBERG, P. Control of parthenium (*Par thenium hysterophorus*) in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) in the smallholder farming system in eastern Ethiopia. **Weed Technol.**, v. 18, n. 3, p. 100-105, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582011000500016&script=sci_arttext>. Acesso em: 29 jul. 2014.

TAMADO T, OHLANDER L, MILBERG P. Interference by the weed *Parthenium hysterophorus* L. with grain sorghum: Influence of weed density and duration of competition. *Int. J. Pest Manage.* 48: 183-188. 2002. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CEMQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F200520173_Allelopathic_effects_of_an_invasive_alien_weed_Parthenium_hysterophorus_L._compost_on_lettuce_germination_and_growth%2Ffile%2F60b7d51dae94af38ba.pdf&ei=c_5WU820CYbnsATayoDIBQ&usg=AFQjCNE1M2R2TwSDTu_XJhMMax2mmY5dtw&sig2=aEK_1gMhrMG091cq_n8KWg&bvm=bv.65177938,d.cWc>. Acesso em: 4 abr 2014.

TAKADA, E. I. **Efeito de doses do herbicida Diuron sobre a germinação da semente de sorgo granífero**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Biocombustíveis) - Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2012. Disponível em: <<http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO%2017711207148%20%20Autor%20Edegar%20Itiro%20Takada.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

TARDIN, F. D.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. **Cultivo do sorgo**. Cultivares. Embrapa milho e sorgo. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 6.ed. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 07 jul. 2014.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: In: **WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA**, 1.,:2004, Belém. **Anais...** Belém: Universidade Federal Rural, 2004. Disponível em: <<http://lira.pro.br/wordpress/wp-content/uploads/downloads/2010/11/revisao-Guilherme-Diniz.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

THUSWOHL, M. **Syngenta lidera mercado de agrotóxicos**. SWI swissinfo.ch. Disponível em: <<http://www.swissinfo.ch/por/syngenta-lidera-mercado-de-agrot%C3%B3xicos/37034916>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

THILL, D. Growth regulator herbicides. In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 267-291.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. (ed.). **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, p.297, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v59n5/a42v59n5.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

VIDAL, R.A.; MEROTTO Jr, A. Herbicidas inibidores de ACCase. *Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A.(Editores) – Porto Alegre: 2001. p.15 – 24.*

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Palotti, 1997. 165p. Disponível: www.hrac-br.com.br/arquivos/HRAC-BRMecanismosdeação.doc>. Acesso em: 19 jul. 2014.

VIÉGAS, G. P. A seleção do sorgo vassoura. **Bragantia**, Campinas, v. I, n. 2, p. 177-232, 1941. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1204&Itemid=284>. Acesso em: 08 jul. 2014.

VANDERLIP, R. L.; REEVES, H. E. Growth stages of sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, 1972. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

WHITE, J.S., BOLSEN, K.K.; POSLER, G. Forage sorghum silage dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. **Animal Feed Science Technology**, v.33, n.3, p.313-322, 1991. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/203/370>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível: www.hrac-br.com.br/arquivos/HRAC-BRMecanismosdeação.doc>. Acesso em: 19 jul. 2014.

WELLER, S. **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. 689 p.

WELLER, S; SHANER, D. Cell growth disrupter and inhibitors. In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 225-260.

WAQUIL, J. M. Embrapa milho e sorgo. Pragas. Sistemas de produção 2, ISSN 1679-012X. Versão eletrônica – 6.ed. 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/pragas.htm>. Acesso em: 08 jul. 2014.

ZAGO, C.P. Utilização de sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de milho e sorgo. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas, p.9-30, 1992. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 17). Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?start=40&q=sorgo+forrageiro&hl=pt-BR&as_sdt=0>. Acesso em: 07 jul. 2014.